MEDDELELSER

FRA

VESTLANDETS FORSTLIGE FORSØKSSTATION

BIND 5 — HEFTE 2

MEDDELELSE NR. 16
FRA
VESTLANDETS FORSTLIGE FORSØKSSTATION

Kalkvirkning paa kulturbeite

Av
OSCAR HAGEM

BERGEN 1933
A.S JOHN GRIEGS BOKTRYKKERI

„Meddelelser fra Vestlandets forstlige Forsøksstation"

publiseres under redaksjon av stasjonens bestyrer; forfatterne er selv ansvarlig for innholdet av deres avhandlinger.

Meddelelsene der kommer som tvangfri hefter gis fortløpende nummer; heftene forenes til bind. De fåes tilkjøps ved henvendelse til forsøksstasjonen.

(Adr.: Bergens Museum, Bergen).

INDHOLD

		Side
	Forord — Kulturbeite	7
Kapitel 1.	De undersøkte beitefelter. Metoder	13
Kapitel 2.	Feltene:	
	A. Ældre felter (type: Skeiseidet)	21
	B. Nyere kalkningsfelter (type: Dommersnes)	37
	C. Forskjellige andre felter	51
Kapitel 3.	Kalkstensmelets virkemaate og opløsning	69
Kapitel 4.	Kalktrang og kalkfaktor	85
	Diskussion	94
	Litteraturliste	101
	Resumé (tysk)	104

Forord. — Kulturbeite.

Kulturbeite og overflatedyrkning er dagens løsen. Ikke bare paa Østlandet med dets store arealer av vanskjøttet hagemark, hvor skrapskog og einer maa vike plassen og erstattes av velstelt beite. Ogsaa i Vest-Norge, hvor hundretusener av maal ligger unyttet som sur lyngmark eller vaat myr, er interessen for denne form av jordkultur vakt, og mørkegrønne, frodige beiter lyser allerede op i den brune lyngmark, helt ut i Øygaren.

For vestlændingen i sin almindelighet er det kanske endnu ikke helt blit klart at overflatedyrkning kan bli en av de sikreste og mest lønnende former for kultur av store, nu næsten uproduktive arealer. Men eksemplet vil smitte, og eftersom resultatene litt efter litt høstes fra demonstrations- og forsøksfelter, vil utviklingen ta mere fart.

Det gjælder nu at man fra begyndelsen av leder arbeidet ind i rigtig retning og baserer det paa forsøksmæssig indvundne resultater. Desværre ser man, tiltrods for de forsøksresultater som allerede foreligger, fra enkelte hold hævdet at kulturbeite er en form for jordkultur som her i Vestnorge først og fremst passer »inde i fjordene«, og som er vanskelig at faa til i de ytre distrikter. Mot en slik opfatning maa der bestemt protesteres. Den er kun berettiget hvis man med kulturbeite forstaar den form hvor man med mindst mulig utlæg og arbeide kan naa frem til et brukbart beite. Hvis man med anlæg av kulturbeite mener at man bare skal fjerne skogvekst og einer, rote litt i jorden, spendere mindst mulig kunstgjødsel og overhodet ikke kalke, grøfte eller saa græsfrø, ja da passer kulturbeite bedst inde i fjordene, hvor jorden fra naturens haand er mindre vaat, relativt næringsrik, og marken desuten i forveien har de mere værdifulde græsarter. Her kan man naa relativt gode beiter med smaa omkostninger.

Men hvordan er det i Øygaren og i de ytre fjorddistrikter, hvor jorden for det meste er sur lyngmark uten et værdifuldt græsstraa, eller vaat myr som ikke bærer hest, knapt nok en mand? Herute trænger man mere end noget sted beite, og her vil en rationel beitekultur først og fremst være paa sin plads. Men her kræves der nok mere baade av utlæg og arbeide, og anlæg av beite maa gjøres baade grundig og samvittighetsfuldt, skal resultatet bli godt. Stort set kan

man si at anlæg av kulturbeite og overflatedyrkning i disse strøk av Vestlandet kræver følgende arbeider: 1. Brænding av lyng og einer. 2. God og dyp grøftning. Den er helt nødvendig paa myr, men paa fastmark kan den betydelig innskrænkes eller sløifes. Et godt beite kræver rikelig fugtighet, og der kan »grøftes for tørt« for beite. 3. Grundig markbearbeidning med harv. Jorden bør smuldres til 10 cm's dyp, og det gamle plantedække fjernes. 4. Kalkning. Denne er næsten bestandig nødvendig. Myrmark og sur lyngmark kræver som regel mindst 250 kg. CaO pr. dekar. 5. Gjødsling. Feltet maa gjødsles godt. Alsidig kunstgjødsel er som regel udmerket. Naturgjødsel eller forskjellig slags kompost virker paa en del felter godt, men hvis kalkningen er rikelig og grundig utført, er det ikke nødvendig at bruke slike saker. Og man slipper derved risikoen for ugræs, som fra første stund av bør være banlyst fra kulturbeitene. 6. Frøsaaning. Isaaning av græsfrø med kløver i rigtig blanding og i rikelig mængde er helt nødvendig, hvis man vil faa et godt beite. Saaningen maa ske tidlig om vaaren, saa græs og kløver faar godt utviklet rotsystem allerede første aar. Ellers risikerer man opfrysning og anden skade den første vinter. 7. Beitning. Feltet maa ikke beites det første aar, men om nødvendig høstes med ljaa. 8. Feltets istandbringelse, d. v. s. rydning, grøftning og kalkning, maa gjøres tidlig paa vinteren og helst være færdig før jul eller i ethvert fald i januar, om man skal ha den fulde nytte av kalken.

Blir alle de her nævnte arbeider utført grundig og ordentlig, vil man ogsaa i kystdistriktene kunne faa riktydende beitefelter, som ganske sikkert ofte vil gi langt sikrere og rikere utbytte pr. maal end beitefeltene »inde i fjordene«. De ytre fjorddistrikter har nemlig i rikt mon den vekstfaktor som er en av de viktigste for et beite, nemlig rikelig nedbør i forbindelse med en lang vegetationsperiode. Det er denne sikre nedbør som muliggjør den hurtige eftervekst paa beitet gjennem mange maaneder, og derved begunstiger disse ytre distrikter i forhold til de indre, hvor varmen rigtignok er større, men hvor kortere eller længere tørkeperioder nedsætter græsveksten. Og har man set slike beiter, som f. eks. det berømte felt paa Einen i Askvold og feltet paa Loftheim i Askvold, eller beitet paa Flesland i Fana — da vil man forstaa hvad beitesaken betyr for Vestlandet, og man vil indse at det netop er i disse ytre fjorddistrikter og delvis ogsaa i Øygaren, at denne form for jordkultur er alle andre overlegen. Sur lyngmark og vaat myrmark er her forvandlet til frodig, riktydende beite, og den videre formuldning mobiliserer av disse jordtyper store mængder plantenæring i form av kvælstof og fosforsyre. Men selv paa den mest næringsfattige sandjord kan der lages kulturbeite. Det nye felt paa Kvaavik i Lyngdal ligger paa næringsfattig grus og sand (elveavleiring) og har kun et tyndt humuslag. Allikevel er der her ved gjødsling og frøsaaning skapt et godt beite[1]).

[1]) Utbyttet av dette nye, beitede felt vil sikkert overskride utbyttet av det gamle høstefelt paa samme sted.

Beitekulturen er sikkert en form av jordkultur som netop passer i de ytre Vestlandsdistrikter. Men den kræver her mere arbeide og omkostninger end i de indre distrikter, og som regel maa den gjennemføres efter det ovenfor nævnte skema. En mere letvindt form, uten kalkning og uten frøsaaning, kan kun forsvares der hvor jorden paa grund av kalkrikt fjeldunderlag er av bedre kvalitet, og marken derfor har et brukbart græsdække. Det gjælder særlig oreskog og anden løvskog, hvor man forholdsvis let kommer til et godt beite; men i lyngmark og paa myr kommer man ingen vei uten grøftning, kalkning, god gjødsling og frøsaaning.

Nu vil mange si: Naar der kræves saa meget arbeide og saa mange omkostninger som ovenfor nævnt, kan man jo gjerne med en gang gaa til hel brytning av jorden, d. v. s. til fuld nydyrkning, saa faar man i det mindste bidrag til arbeidet. Men her er flere indvendinger at gjøre. For det første representerer de ovenfor under pkt. 1—7 nævnte foranstaltninger dog betydelig mindre arbeide end hel nydyrkning. Gjennemsnitlig slipper man vel med halvparten av de omkostninger som nydyrkning kræver. For det andet kan hel brytning, hvorved dypere jordlag bringes op i overflaten, ofte gi daarligere og neppe nogensinde bedre beite end overflatebearbeidningen (harvningen). Hel omgravning vil kunne begrave de næringsrike humuslag, hvis indhold av plantenæring netop skal mobiliseres, og isteden bringe op grus- og sandlag, som i længden vil kræve meget større gjødseltilførsel. Tilbake staar saa bidraget. Men her maa jo komme en forandring. En grundig utført overflatekultur til beite, hvor alle arbeider er tat med som ovenfor nævnt, maa snarest av statsmagtene bli at sidestille med »nydyrkning« og faa sit bidrag paa like kaar med denne. Overflatekulturen er billigere og kan derfor nøie sig med mindre bidrag, men den er ikke saa billig at den ikke i mange tilfælder trænger bidrag. Og utført i ovennævnte »grundige« form er den i Vestlandets ytre distrikter kanske den form for jordkultur som bedst er i overensstemmelse baade med jord, klima, indhøstnings- og avsætningsmuligheter.

De gode resultater, som allerede foreligger fra en række vestnorske forsøksfelter, kunde ved en overfladisk betragtning tydes slik at man nu bare kan gaa igang med nye felter, uten videre forsøksarbeide. Overfor et slikt resonnement maa der allikevel gjøres adskillige indvendinger. Vel er det saa at resultatene hittil er saa gode at man trygt kan anbefale anlæg av kulturbeite i stor utstrækning. Men meget staar endnu tilbake før man helt ut kan gi anvisning paa den bedste, d. v. s. mest lønnende fremgangsmaate paa enhver jordart og under alle de forskjellige vekstforhold som Vestlandet byr. Og mange sider ved anlæg av kulturbeite trænger indgaaende undersøkelse. Jeg skal nævne nogen av dem.

Kalkningsspørsmaalet er utilstrækkelig utredet. Næsten altid er kalk, tildels i store mængder, nødvendig; men hvor meget hver jordart kræver, det er endnu mere eller mindre uvisst. I forbindelse hermed staar reaktionsspørsmaalet. Det er haabløst at kalke vore sure lyngmarker og torvmyrer op til neutral reaktion (pH = 7.0). Dertil kræves saa store kalkmængder at det langt

overstiger lønsomhetsgrænsen. Men det er heldigvis heller ikke nødvendig, og det kan endog i visse tilfælder virke skadelig. Hvilken jordreaktion vore beitegræs kræver, er ikke helt utredet. Man har foreløbig gaat ut fra at de vil trives godt om der kalkes f. eks. op til en pH = 5.0—5.5, men det er meget som tyder paa at man bør kalke op til en pH = 6.2—6.5. Den første reaktion, pH = 5.0—5.5, vil neppe være høi nok for en god utvikling av bakterielivet i jorden, og saavel de nedbrytende, formuldende bakterier som nitrifikationsbakteriene vil i saa sur jord sættes tilbake i sin virksomhet. Dette gjælder i endnu høiere grad kløverens rotbakterier, som sikkert kræver en pH = 6.0—6.5. Og alt i alt blir det vel, kanske mest av hensyn til bakteriene, nødvendig at kalke op til en reaktion av pH = 6.2—6.5. Denne reaktion synes rigtignok at kunne fremkalde sygdom paa beitegræsset, men de undersøkelser som foreligger herover har ikke altid tat hensyn til kalkens ensidige overflatevirkning paa myrjord og det er sandsynlig at sygdomsfenomenene i ethvert fald i visse tilfælder har været betinget av en betydelig høiere pH end den som er bestemt. Men her kræves forsøk.

Det vil ogsaa ha betydning at faa undersøkt hvor dypt man maa kalke. I en god, muldrik jord har græsrøttene evne til at trænge meget dypt ned, men paa beitefeltene holder de sig med vor nuværende kalkning sikkert væsentlig i de øverste lag. Som de efterfølgende avsnit skal vise, kalker vi paa vore beiter meget grundt. Vi bruker en utpræget overflatekalkning, og paa grund av vore jordtypers overordentlig sterke adsorptionsevne vil kalken, i ethvert fald i sin neutraliserende form, ikke naa ned mere end nogen centimeter under overflaten. Vi har herved hittil opnaad et godt græsdække, men det er mulig at man med en noget dypere nedharving av kalken vil opnaa bedre rotutvikling og sikrere græsdække. Forsøk herover mangler hos os helt.

I vore belgplantefattige lyngmarker og paa torvmyrer findes som regel ikke hvitkløverens rotbakterier. Det er derfor ingen tvil om at kløveren vil slaa meget bedre til i beitet om jorden samtidig med frøsaaningen smittes med kløverbakterier. Her kan man til en viss grad hjælpe sig med smitning med anden jord som har baaret kløver. Men herved løper man faren for at faa ind ugræs, og dette maa være banlyst fra beitefeltene. Og dernæst er ikke alle rotbakterier like gode. Kløverbakterier og kløverbakterier er to ting. Hittil har man brukt bakterier av rødkløver ogsaa til hvitkløver, og stort set er det gaat bra. Men ogsaa rødkløverbakteriene er av meget forskjellig værdi. De kan enten være av en god bakteriestamme, som i samarbeide med kløverplanten gir et godt resultat, eller de kan være av en daarlig stamme, som nok kan frembringe knoller paa røttene, men allikevel ikke gir noget godt resultat, intet nettokvælstoftilskud til kløverplanten. Disse forhold er man først i de aller sidste aar blit opmerksom paa, og her staar derfor endnu meget forsøksarbeide igjen før man faar et sikkert grundlag at bygge paa. Maalet maa være at prøve en række bakteriestammer, vælge ut dem som i forhold til kløverplanten gir det bedste resultat og saa føre disse bakterier i renkultur til jorden samtidig med frøsaaningen.

Ogsaa det plantemateriale som brukes til beitefeltene, kræver forsøksarbeide. Den procentvise blanding av de forskjellige arter i saavaren er av betydning, og det staar endnu adskillig arbeide igjen for at faa bragt paa det rene hvordan de enkelte arter holder sig i græsdækket og taaler beitningen. De græsarter og de belgplanter som brukes, er desuten av fremmed frø, østnorsk, svensk, dansk eller polsk, og her maa ske en forandring. Der maa igangsættes frøavlsforsøk med vestnorske stammer av alle de vigtigste græsarter og kløverarter, slik at man til enhver tid har materiale som er indstillet paa Vest-Norges klima og jordbund. Det er paa forhaand ikke tvil om at vi med slike vestnorske stammer kan komme til at opnaa sikrere resultater end med den saavare som nu brukes. Men her er at merke at de vestnorske stammer maa foredles. Alle vore græsarter, kløver og andre belgplanter findes i naturen i forskjellige racer, linjer, stammer, eller hvad man nu vil kalde dem, og disse har helt forskjellige egenskaper og avkastningsmuligheter. Først naar vi i beitekulturen kan arbeide med foredlede stammer av vestnorsk oprindelse, kan vi ha haab om at naa det sikreste utbytte.

Foringsværdien av beitevekstene, deres mineralindhold og kvælstofindhold er et meget vigtig kapitel, og ogsaa her trænger vi forsøk til belysning av disse egenskapers variation med gjødsling, jordart o. s. v.

I tillæg til alt dette kommer saa de mange problemer som Vest-Norges sterkt varierende jordarter stiller. Til bruk for beitekultur har vi alle overgange fra ren myrjord over lynghumus med og uten sand, grusjord, sandjord, lerjord og muldjord. Og paa hver av disse jordtyper vil mange av de foran nævnte opgaver kræve sin specielle løsning.

I det hele kræver beitekulturen forsøksarbeide i ganske stor utstrækning. Den meget store betydning som denne jordbruksform vil faa for Vest-Norge, gjør det ønskelig at man allerede fra begyndelsen av er klar over dette og planmæssig utvikler forsøksarbeidet. Dette kan kun ske ved og gjennem en forsøksstation, hvor en leder har anledning til at ofre sig helt for dette arbeide.

Det orienterende forsøksarbeide er i Vest-Norge paa dette omraade sat igang av Selskapet for Norges vel i samarbeide med fylkenes landbruksselskaper. I længden er det ikke mulig at nøies med denne noget spredte og tilfældige forsøksvirksomhet. Østlandet har paa Toten faat sin specielle forsøksgaard for beitekulturen. Og turen maa nu komme til Vest-Norge. Vestlandets forskjelligartede og fra Øst-Norge avvikende jordbundsforhold og klima gjør at disse for beitekulturen vigtige spørsmaal maa undersøkes her og i tilknytning til en vestlandsk forsøksgaard. Jeg tillater mig at foreslaa at Selskapet for Norges vel og Vestlandsfylkenes landbruksselskaper tar denne sak op og planlægger og realiserer en forsøksstation i beitekultur for Vest-Norge.

*

Efterfølgende utredning av visse sider av kalkningsspørsmaalet for kulturbeiter er kun en foreløbig orientering, som først og fremst skal danne grundlag for fortsatte undersøkelser. Anmodninger fra interesseret hold har ført til at de allerede paa dette tidspunkt publiceres i denne foreløbige form.

Arbeidet er utført væsentlig for bidrag fra A/S Norsk Varekrigsforsikrings Fond. Imidlertid har beitekultursakens fremme stor betydning ogsaa for skogsaken, og da jordbundsundersøkelser, særlig kalkningsspørsmaalet, er av interesse for skogplantning i lyngmark, har Vestlandets forstlige forsøksstation tat disse undersøkelser op paa sit program og ogsaa ydet støtte til dette arbeide. Kalkningsspørsmaalet i forbindelse med granplantningen vil bli behandlet i en senere meddelelse.

Jeg tillater mig at takke saavel A/S Norsk Varekrigsforsikrings Fond som Vestlandets forstlige forsøksstation for den ydede hjælp.

Bergen den 30. mai 1933.

Oscar Hagem.

Kap. 1. De undersøkte beitefelter. — Metoder.

Materialet til disse undersøkelser er for en større del hentet fra »Selskapet for Norges vels« beiteforsøksfelter. Disse er anlagt tildels mange aar før jeg hadde anledning til at besøke feltene, og saavel planene som anlægsarbeidet ligger utenfor mit arbeide. Flere av disse felter er allerede 10 aar gamle. Ved siden herav er det i de sidste aar anlagt nogen felter som helt er utført efter mine egne planer og med bidrag av »A/S Norsk Varekrigsforsikrings fond«. Disse er imidlertid av saa ny dato at de bare i mindre grad kan tas med i denne beretning.

Vest-Norges beitefelter ligger for den overveiende del i tidligere udyrket jord, som f. eks. paa lyngmark, paa myr eller paa delvis skogbevokset mark (løvskog). De naturlige jordtyper som her møter en, er som regel meget humusrike (lyngmark og myrjord), men kan ogsaa, særlig i brattere terræng, indeholde mere mineralstoffer, idet humuslaget her ofte er tyndt. For enkelte felters vedkommende trær humusstoffene helt i bakgrunden, og marken er ren sand eller grusjord. Enhver av disse former er marktyper fra et utpræget humid klima, hvor nedbøren er meget stor i alle aarets maaneder, men mindst i de 3 vaarmaaneder, april, mai og juni. En mere indgaaende oversigt over nedbør- og temperaturforhold finder man i en tidligere publikation (H a g e m — 1931), og her er bare i tab. 1 og 2 opført gjennemsnitsværdier for en del typiske strøk av Vest-Norge.

Det vil av disse tabeller fremgaa at vi her har et utpræget havklima, med milde vintre, kjølige sommere, mild og regnfuld høst og relativt tør vaar og forsommer. De store nedbørmængder skulde bevirke en sterk utvaskning av de øverste jordlag og tilsvarende utfældninger i de dypere lag, kort sagt: et typisk *podsol*profil med humuslag, blekjord og allag. Naar dette podsolprofil allikevel langs hele Norges vestkyst ofte mangler eller er relativt svakt utviklet, maa dette skyldes specielle forhold og faktorer som her ikke skal berøres nærmere. Selv om de dypere lag ikke er tydelig eller sterkt utdannet som blekjord og allag, maa vi allikevel anta at de øvre jordlag som kommer i betragtning for beitekulturen, er temmelig utvasket og basefattige og i ethvert fald paa de fleste felter meget humusrike. Mange av disse jordarter er altsaa sure og »umættede« med en pH fra 3—5, og en grundig kalkning er en helt nødvendig betingelse for overhodet at faa jorden i den tilstand at beitegræs og kløver trives. Selvfølgelig er det ogsaa her undtagelser. I de distrikter hvor kalkrike skiferbergarter danner fjeldgrunden som i Hardanger, dele

Tab. 1. Maanedlige middeltemperaturer og sommervarme for kystdistriktene i Vest-Norge (1876—1925).

(Monatsmittel und Sommerwärme [1]) für Stationen in West-Norwegen.)

Station	Jan.	Febr.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	S. V.[1])
Ytre kyst: (äussere Küste)													
Mandal	0.0	0.0	1.2	5.0	9.9	14.0	15.9	14.8	11.7	7.5	3.7	1.0	14.1
Skudesnes	2.2	1.9	2.4	5.3	8.8	11.9	13.9	13.9	12.0	8.6	5.4	3.3	12.9
Bergen	1.1	1.3	2.3	5.7	9.5	12.7	14.4	13.7	11.0	7.4	4.0	2.0	13.0
Florø	1.8	1.4	2.0	5.0	8.5	11.8	13.6	13.2	10.9	7.4	4.4	2.5	12.4
Kristiansund	1.7	1.4	1.9	4.8	7.9	11.0	13.0	12.8	10.4	6.9	4.2	2.2	11.8
Ytre fjorddistrikter: (äussere Teile der Fjorde)													
Sveio—Ryfylkefjord, deres mundinger	1.3	1.0	2.0	5.5	9.0	12.1	14.0	13.9	11.8	8.1	4.8	2.5	13.0
Indre Søndhordland og Ytre—midtre Hardangerfjord	1.4	1.2	2.0	5.5	9.3	13.2	14.3	14.0	11.8	7.5	4.5	2.5	13.3
Ytre Sogn	1.2	1.0	2.0	5.2	8.7	12.5	14.0	13.5	11.2	7.2	4.0	2.2	12.8
Ytre Nordfjord	1.2	0.9	1.6	4.8	8.5	12.2	13.8	13.3	10.5	6.6	3.5	1.8	12.5
Ytre fjorde i Nordmøre	0.9	0.6	1.2	4.6	8.4	12.0	13.5	13.0	10.2	6.4	3.0	1.0	12.2

[1]) Die Sommerwärme ist das Mittel von den Monatsmitteln der vier Monate Juni—September.

av Søndhordland, Voss og visse dele av Bergenshalvøen, er jorden saa kalkrik at raahumus og lyngmark ikke kommer til utvikling, og jorden vil her kunne gi relativt brukbare beiter uten kalkning. Over de største dele av Vestlandet er imidlertid fjeldgrunden grundfjeld, gneis og granit, og her og paa de glaciale avleiringer indeholder jordbunden saa litet kalk at en tildels meget sterk kalkning er nødvendig. Uten kalk er her arbeide, gjødsel og frøsaaning mere eller mindre bortkastet. Kalkning maa her danne grundlaget for nydyrkningsarbeidet i enhver form. Av denne grund er forskjellige sider av feltenes kalkning først tat op ved disse undersøkelser.

Ved undersøkelsene over kalkningsresultatene er der først og fremst søkt bragt paa det rene hvilke reaktionsforandringer kalkningen har bevirket, og det er denne side av spørsmaalet som skal behandles i denne beretning.

Allerede nogen orienterende undersøkelser viste at kalkvirkningen paa de fleste felter var helt overfladisk og de første aar ikke naadde dypere end 3—5 cm. Der var i de øverste 2 cm.'s jordlag en sterk virkning med høi pH, men ofte allerede i de nærmest paafølgende 2 cm. en mindre eller meget svak virkning med lav pH.

Prøvene maatte derfor indsamles paa den maate at der fra de enkelte forsøksruter blev utskaaret jordblokker med tversnit ca. 8 × 8 cm. (eller mindre) og 10—15 cm.'s dybde. Næsten overalt var jorden saa sammenhængende at slike blokker kunde skjæres ut, pakkes i poser av oljelærred og transporteres til laboratoriet uten at gaa istykker. I laboratoriet blev blokkene saa opskaaret i 2 cm. tykke skiver, og av disse blev igjen utskaaret mindre blokker, som var 3.6 × 3.5 cm. og altsaa hadde et volum av ca. 25 cm.^{3} (25.2 cm.^{3}). Serier av slike blokker à 25 cm.^{3}, hver representerende et 2 cm. tykt jordlag, blev utskaaret og benyttet dels til bestemmelse av aktuel pH og titreringskurver, dels til bestemmelse av volumvegt, vandindhold, glødetap og aske. Paa denne maate blev alle disse egenskaper bestemt nivaavis med 2 cm.'s avstand fra overflaten og ned til en dybde av 10—15 cm. Bestemmelsen av jordreaktionen — den aktuelle pH — blev utført paa den maate at de enkelte jordblokker (25 cm.^{3}) blev revet fint op, heldt paa pulverglas med glasprop og tilsat 50 cm.^{3} utkokt CO_2-frit vand. Glasset med jordopslemningen blev i lukket tilstand rystet 1 time like efter vandtilsetningen (formiddag), derpaa 1 time samme dags eftermidag og endelig ½ time næste morgen, og pH-bestemmelsen fandt sted ca. 22 timer efter vandtilsætningen. Sammenlignende forsøk med jordprøver som fik samme behandling, med undtagelse av at der blev brukt 300 cm.^{3} jenakolber isteden for pulverglas, gav praktisk talt de samme pH-værdier som i pulverglassene. Disse sidste var brukt gjennem længere tid, var gjentagne gange syrebehandlet og avgav derfor bare saa smaa alkalimængder at det var uten betydning for jordprøvenes pH.

Til bestemmelse av titreringskurver blev anvendt den av Gaarder og Hagem (1921) indførte metode. De nævnte jordprøver à 25 cm.^{3} i pulverglas blev tilsat vekslende mængder saltsyre (1—2—3—4—6—8—10 cm.^{3}) eller mættet opløsning av $Ca(OH)_2$ indtil ca. 50 cm.^{3}. Det manglende volum blev utfyldt med vand slik at væskevolumet i alle glas var 50 cm.^{3}. Forholdet jord: vand var derfor

Tab. 2. Nedbørnormaler for kystdistriktene i Vest-Norge.

(Niederschlagnormalen für die Küste West-Norwegens.)

Stationer	Jan.	Febr.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Aar
Ytre kyst: (äussere Küste)													
Mandal	114	90	95	69	72	53	90	141	108	154	141	157	1280
Egersund	149	109	104	89	75	60	93	145	133	169	139	161	1426
Stavanger	108	76	68	58	55	54	74	116	116	124	113	110	1072
Skudesnes	114	91	86	62	60	56	84	124	121	144	123	125	1190
Eivindvand (Haugesund)	136	94	87	71	69	69	98	145	147	156	144	143	1359
Stend	184	134	129	93	98	82	115	175	202	206	184	186	1788
Kraakevaag	191	155	133	90	103	77	116	168	224	206	211	196	1870
Florø	233	168	155	109	115	89	135	188	239	238	226	220	2115
Kristiansund	129	92	81	62	63	54	78	107	136	145	121	112	1180
Fjordmundingene — Ytre fjord-distrikter: (Fjordmündungen und äussere Teile der Fjorde)													
Dalene—Jæderen—Ryfylke:													
Bakke	195	137	132	105	98	66	117	167	142	210	187	222	1778
Hogstad	206	142	140	108	96	75	115	181	170	218	208	229	1888

Aalgaard	139	100	95	82	70	61	107	153	135	168	159	151	1420
Tveiden	180	125	121	86	79	80	116	182	176	194	174	197	1710
Skjoldevik	166	113	92	84	76	79	111	161	169	173	164	162	1550
Hordaland:													
Bergen M. O.	200	145	138	95	105	89	125	174	203	207	188	196	1865
Bjørsvik	208	139	126	90	108	100	120	191	225	197	200	188	1892
Sogn og Fjordane:													
Osland	287	213	192	133	144	114	181	245	306	287	285	274	2661
Eikefjord	289	193	168	124	119	117	119	207	254	254	256	231	2331
Davik	300	217	176	125	109	99	102	164	258	248	270	243	2311
Møre:													
Ørstadvik	226	174	149	112	98	97	97	154	225	187	227	183	1929
Ørskog	152	121	109	81	86	79	78	128	174	149	164	125	1446
Tingvold	173	130	112	83	78	101	109	133	183	149	176	137	1564

1 rumdel (ikke tørret) jord: 2 dele væske. I enkelte trin (nr. 16—18, se nedenfor) blev der brukt saa meget kalkvand at væskevolumet gik op til værdier som laa mellem 50 og 100 cm.^{3}. Det benyttede mættede kalkvands styrke laa omkring 0.1 n. 0.43—0.46[1]). Til kurvetegning blev kalkvandmængden omregnet til 0.1 n. $Ca(OH)_2$ og opført som saadan. De benyttede titreringstrin representerer følgende mængder 0.1 n. $Ca(OH)_2$ pr. 25 cm.^{3} jord.

Trin 8	2.2 cm^3	Trin 14	17.9 cm^3
„ 9	4.5 „	„ 15	22.3 „
„ 10	6.7 „	„ 16	26.8 „
„ 11	8.9 „	„ 17	33.5 „
„ 12	11.2 „	„ 18	44.6 „
„ 13	13.4 „		

Omregnes disse trin til at gjælde kg. CaO pr. dekar jordvidde til 10 cm.'s dybde, faar vi følgende værdier:[2])

Trin 8	25 kg CaO	Trin 14	200 kg CaO
„ 9	50 „ „	„ 15	250 „ „
„ 10	75 „ „	„ 16	300 „ „
„ 11	100 „ „	„ 17	350 „ „
„ 12	125 „ „	„ 18	500 „ „
„ 13	150 „ „		

Pulverglassene med jord og syre resp. kalkvand blev ogsaa her for det meste rystet 1 time like efter paahældningen (formiddag), 1 time samme dags eftermiddag og ½ time næste dags morgen før pH-bestemmelsen. Reaktionstiden blir ca. 22 timer. For mineralrike jordtyper er dette nok. For raahumusrike lyngjordprøver eller myrjord er det ogsaa som regel nok, for de mindre kalkvandmængder op til trin 15. Men for vanskelige prøver av seig torv kan det være heldig at ryste flere gange over et tidsrum av 48 timer. Forsøk til belysning herav blir behandlet senere i beretningen. Efter at denne titreringsmaate med kalkvand var indført og beskrevet av Gaarder og Hagem (1921)[1]) har Tovborg Jensen flere aar senere indført en liten modifikation av den, og metoden er derfor i litteraturen gaat ind under denne forskers navn. Den av Torvborg Jensen indførte modifikation bestaar deri at jordprøvene med kalkvand efter titreringen gjennembobles med CO_2 for at neutralisere overskytende kalkvand. Denne korrektion er indført fordi man derved søker at faa overensstemmelse med forholdene i naturlig jord, hvor jord-

[1]) Dets styrke blev selvfølgelig for hver ny fremstillet portion titrimetrisk bestemt.
[2]) Den titrerte jordprøve er 25 cm^3.
[1]) Og omtrent samtidig av O. Arrhenius.

luftens kulsyre vil neutralisere det tilførte $Ca(OH)_2$ til $CaCO_3$ og derved skape en reaktion som ikke kan overstige pH = 8.4. Denne modifikation maa dog ikke brukes naar det gjælder ved en titreringskurve rent generelt at belyse jordens bufferevne overfor kalkvand, da reaktionen i dette tilfælde skal føres tilende med kalkvand. Den faar kun anvendelse for de titreringskurver som skal danne grundlag for beregning av den til vedkommende jordparcel nødvendige kalkmængde, og selv der er den ikke altid nødvendig og bør om mulig undgaaes. Dette gjør man lettest ved at titrere saa store enkeltjordprøver at reaktionen, selv med de største anvendte kalkvandmængder, ikke naar over pH = 7. Denne reaktion vil bare uvæsentlig ændres (opover mot større pH) ved gjennemluftning, og den fundne værdi svarer praktisk talt til den værdi som fremkommer ved kalkvandets reaktion med jordbundens adsorbtionskompleks. Ved sure humusrike jordarter er det ingen vanskelighet med at bruke saa store jordprøver ved titreringen at man holder sig under pH = 7.0, og selv med mineralrike jordarter bør vel dette la sig gjøre. Kalkning skal jo, i ethvert fald ved vore beitefelter, aldrig føres op over pH = 6.5—6.8. Senere i denne beretning er forsøk i denne retning omtalt og resultatene vist bl. a. i fig. 28.

PH-bestemmelsen blev utført med Chinhydronmetoden. Saa vel prøvet og godt kjendt som denne er, vil det allikevel være nødvendig at nævne litt om de erfaringer som er høstet ved denne i de her undersøkte torv- og raahumusprøver. Stort set har metoden ogsaa her vist sig meget brukbar. Der er rigtignok, særlig av myrjord, enkelte prøver som er vanskelige at maale, enten fordi de ikke gir konstante værdier, eller fordi de synes at forgifte platinaelektrodene. Ved litt forsigtighet og et godt utvalg av kontrollerte elektroder o. s. v. vil man imidlertid ogsaa i disse tilfælder opnaa brukbare resultater.

Jordopslemningen blev til maaling rystet med den nødvendige chinhydronmængde i 10—15 sek. og kom derpaa øieblikkelig over i maalekarret. Næsten alle prøver viste hurtig indstilling, og da de nødvendige manipulationer kun tok kort tid, var avlæsningen tilendebragt ca. 1—1½ min. efter at chinhydronet blev tilsat (rystetiden indbefattet). Kortere rystetid end 10—15 sek. kunde ikke benyttes, da jordopslemningene ofte var tykke som grøt. De faa prøver som bød paa vanskeligheter, er nævnt under omtale av prøvene senere i beretningen.

Platinaelektrodene blev viet speciel opmerksomhet. Der stod som regel 10 kontrollerte elektroder til raadighet ved begyndelsen av dagens maalinger, og den anvendte elektrode blev kontrolleret i forhold til kjendte opløsninger baade før, under og efter dagens maalinger. Til rensning av forgiftede eller av andre grunde unøiagtige elektroder blev mange midler prøvet. Glødning maa bestemt fraraades Selv med en Barthellampe blir platinablikket ofte fordærvet, og en slik elektrode er ødelagt for altid. Det bedste rensemiddel er sterk perhydrol (1 del perhydrol: 2 dele vand). Elektrodene stod natten over i denne opløsning og blev derefter behandlet i en sterk strøm nascerende vandstof i en opløsning av zink eller jern og svovlsyre, idet de sattes ned i denne blanding slik at vandstoffet strømmet rikelig over elek-

trodene. Nogen faa minutters behandling er som regel nok, og efter en grundig avspyling gir slike elektroder gode maaleresultater. Efter dagens maalinger blev elektrodene spylet i vand, stod derefter 10—15 min. i 96 % alkohol og blev saa hængt til tørring paa støvfrit sted. Behandlet paa denne maate gir de den næste dag like fine resultater, og denne tørre opbevaring efter kortvarig alkoholbehandling er langt at foretrække fremfor at la elektrodene staa natten over i vand eller andre opløsninger.

Maalingene er utført i det apparat som tidligere er beskrevet (Gaarder og Hagem 1921), og som har vist sig meget skikket. Der er her ikke optraadt de av Lindeman (1932) nævnte forstyrrelser.

Chinhydronet blev til en begyndelse fremstillet efter Bilmanns metode. Foranlediget ved et par meget støtputefattige prøver blev Valeurs (Valeur 1900) metode prøvet, og denne gav saa gode resultater at den er benyttet for alle de i denne beretning nævnte maalinger. Man faar ved denne metode et delvis storkrystallinsk pulver. Det opbevares efter tørringen i denne form paa pulverglas med glasprop, men knuses i mindre portioner før bruken i agatmorter til et meget fint pulver. Efter en slik knusning løser det sig hurtigere, kan anvendes i mindre mængde pr. prøve og gir sikrere resultater end den storkrystallinske vare. Fabrikfremstillet Chinhydron er ikke anvendt.

Den her nævnte fremstillingsmaate (Valeur) har git en vare som har været meget god. Maaling med den gir selv i støtputefattige opløsninger, som kulsyrefattig vand, rimelige værdier. En omkrystallisering i vand av 70°, som benyttet av Arnd og Siemers (1926), har ikke været nødvendig.

Til grund for denne beretning med forarbeider ligger ca. 10.000 enkelt-pH-bestemmelser, alle utført med Chinhydronmetoden og i tilstrækkelig grad kontrolleret ved sammenligninger med kolorimetriske bestemmelser.

Kap. 2. Feltene.

De undersøkte beitefelter falder i 3 klasser:

A. Selskapet for Norges vels ældre felter (type: Skeiseidet).
B. Samme selskaps nye kalkningsfelter (type: Dommersnes).
C. Mindre bearbeidnings- og kalkningsfelter, dels anlagt av Selskapet for Norges vel, dels av private.

Nedenfor vil bli gjennemgaat en del typer av alle disse klasser.

A. Ældre felter (type: Skeiseidet).

Disse felter som for fleres vedkommende nu er 10 aar gamle blev anlagt efter følgende plan:

	Harves			Harves	
I a	II a	VI a	IV b	VIII b	X b
III a	V a	IX a	VII b	XI b	XII b
IV a	VIII a	X a	I b	II b	VI b
VII a	XI a	XII a	III b	V b	IX b

Behandlingsmaaten har efter opgave fra Selskapet for Norges vels beitekonsulent været følgende:

Rute I: Ubehandlet (dog lyngen brændt).
» II: Harvning, alsidig kunstgjødsel og frøsaaning.
» III: Kalkning.
» IV: Alsidig kunstgjødsel + kalkning.
» V: Som rute II, men desuten kalkning.
» VI: Haandgraves 10—15 cm. dypt, kalkes, gjødsles med alsidig kunstgjødsel og tilsaaes med frø.
» VII: Som rute IV, men smittes desuten med husdyrgjødsel.
» VIII: Som rute V, men smittes desuten med husdyrgjødsel.
» IX: Som rute VI, men smittes desuten med husdyrgjødsel.
» X: Foreløbig bare kalk. Kommer der græs brukes kunstgjødsel fra og med 3. aar og isaafald vanlig gjødsling som ellers til 1. aar og senere vanlig vedlikeholdsgjødsling.
» XI: Harves, kalkes og gjødsles med husdyrgjødsel første aar og tilsaaes. Husdyrgjødsel ogsaa 3. aar. Ellers kunstgjødsel som for de øvrige.
» XII: Alternativ I (for gaarder nær sjøen): Tang eller tare beregnet efter ca. 10 000 kg. pr. dekar + fosfat (5 kg. P_2O_5) + kalk første aar. Andet aar fosfat (4 kg. P_2O_5). Tredje aar og senere vanlig vedlikeholdsgjødsling.

Alternativ II (for gaarder længere fra sjøen): Harves (eller bearbeides tilsvarende i overflaten med haandredskaper), kalkes, gjødsles og tilsaaes med frø fra naturlig eng.

Gjødselmængdene er:

A. I anlægsaaret: 10 kg. P_2O_5 + 10 kg. K_2O + 2 kg. N pr. dekar, fosforsyren fortrinsvis som thomasfotfat. Kalkmængden beregnet efter 250 kg. CaO og husdyrgjødsel efter 1000 kg. pr. dekar. Paa XI dog 3500 kg. husdyrgjødsel 1. aar.

B. Aarlig senere gjødsling: 4 kg. P_2O_5 + 4 kg. K_2O + 3 kg. N pr. dekar. Paa XI 1500 kg. husdyrgjødsel i 3. aar.

Frøblanding (pr. dekar)	Alternativ A (oplændt mark)	Alternativ B (sidlændt mark)
Hvitkløver	0.5 kg.	0.5 kg.
Timotei	0.5 »	0.5 »
Engsvingel	0.75 »	1.0 »
Rødsvingel	0.75 »	—
Engrevehale	0.50 »	1.25 »
Engelsk raigræs	—	0.5 »
Hundegræs	0.75 »	—
Engrap	0.5 »	0.5 »
	4.25 kg.	4.25 kg.

Rutestørrelsen er 5 × 5 m. = 25 m². Feltets størrelse er 30 × 20 m. = 600 m².

Hvor ikke andet er nævnt, er prøvene til reaktionsbestemmelser i denne klasse av feltene tat fra rutene 1 a, II a, IV b, V a og IX b.

Av de felter som er anlagt efter denne plan, er reaktionsforholdene undersøkt paa følgende:

1. Skeiseidet (pr. Haugesund), 2. Ketilsvik (Gulen), 3. Strømmen (Askvold), 4. Hognestad (Jæderen), 5. Nordhassel (Lister) og 6. Tveit (Gulen).

Selskapet for Norges vel's beitekonsulent, M. Ødelien, har tidligere gjort rede for utbytteresultatene av disse forsøk (Ødelien — 1928), og her skal bare henvises til denne beretning. Feltene er anlagt 1923—25 (26). Med hensyn til reaktionsændringene paa disse felter kan der selvfølgelig nu saa lang tid efter kun gis høist ufuldstændige oplysninger; og de data som fremlægges nedenfor er kun ment som en orientering over de reaktionsændringer som endnu (1931—32), altsaa op til 8 aar efter feltets anlæg, kan paavises i enkelte av de vigtigste ruter.

1. Feltet paa Skeiseidet pr. Haugesund.

Feltet ligger flatt, i typisk, fattig lyngmark. Fjeldgrunden er grundfjeld. Feltet er anlagt 1926, nedenstaaende undersøkelser er foretat oktober 1931 og suppleret august 1932. Vegetationen er den vanlige artsfattige paa slik lyngmark.

Profilet er for en gangs skyld et typisk podsolprofil:

A_1 15 (—20) cm. tæt lynghumus.
A_2 4—5 cm. bleksand.
B 10 cm. mørk utfældningshorisont (ikke sammenkittet).
C Brun sand, nederst sandholdig lere.

Jorden er litet askeholdig, men har stort glødetap og vandindhold. Prøver fra 0—15 cm.'s dybde viste i gjennemsnit: vand 70.67 %, glødetap 24.23 %, aske 5.1 %, $\frac{G}{A} = 4.75$.

Feltet er i de sidste par aar ikke gjødslet og har, saavidt det kunde bringes paa det rene, ikke eller kun leilighetsvis været beitet efter at det er nedlagt. Græsveksten er nu paa mange ruter relativt tynd, derimot er det paafaldende meget hvitkløver. Nedenstaaende oversigt viser skjønsmæssig fordelingen av lyng og kløver paa rutene i 1932:

		Kløver:	Lyng:
Rutene	I	0	××
—	II	0—×	××
—	III	0	××—×××
—	IV	×—××	×—××
—	V	××	×
—	VI	××—×××	0
—	VII	××	××
—	VIII	×××	0
—	IX	××	0
—	X	×	××
—	XI	×××	0
—	XII	×—××	×

Dette felt er eiendommelig ved at der er saa meget hvitkløver (tildels meget frodig), og det er ganske overraskende at se frodig hvitkløver og lyng vokse tæt og side om side som i rutene nr. IV, V, VII og X. Reaktionen i de øverste 2 cm.'s jordlag var omkring kløverplantene fra pH 5.0—6.5, mens den bare i 2—4 cm.'s dybde var 4.5—4.8.

Reaktionsforholdene blev undersøkt nivaavis paa rutene I a—II a—IV b—V a— og IX b høsten 1931 med nogen kontrolprøver fra sommeren 1932. Resultatet er gjengit i fig 1 og tabel 3.

Tab. 3. P_H-snit i Skeiseidet felt.

Dybde cm[1])	Rute					
	U	I	II	IV	V	IX
1	4.02	4.01	4.17	5.93	5.85	6.27
3	3.99	4.02	4.04	4.93	5.19	6.04
5	3.97	4.01	4.08	4.44	4.89	5.02
7	3.95	3.99	3.98	4.28	4.60	4.44
9	3.96	3.97	4.02	4.14	4.16	4.22
11—15	3.92—3.95	--	—	—	—	—

Prøven U fra ubehandlet mark utenfor feltet viser ensartet reaktion ned til 15 cm. med pH = 4.02—3.92. Ruten I uten behandling, hvor lyngen kun er brændt, viser nøiagtig samme reaktion. Harvning og kunstgjødsling i rute II har

[1]) Centimetertallet gjælder her lagets midte. Dybde 1 cm er altsaa laget 0—2 cm, dybde 3 cm er laget 2—4 cm o. s. v.

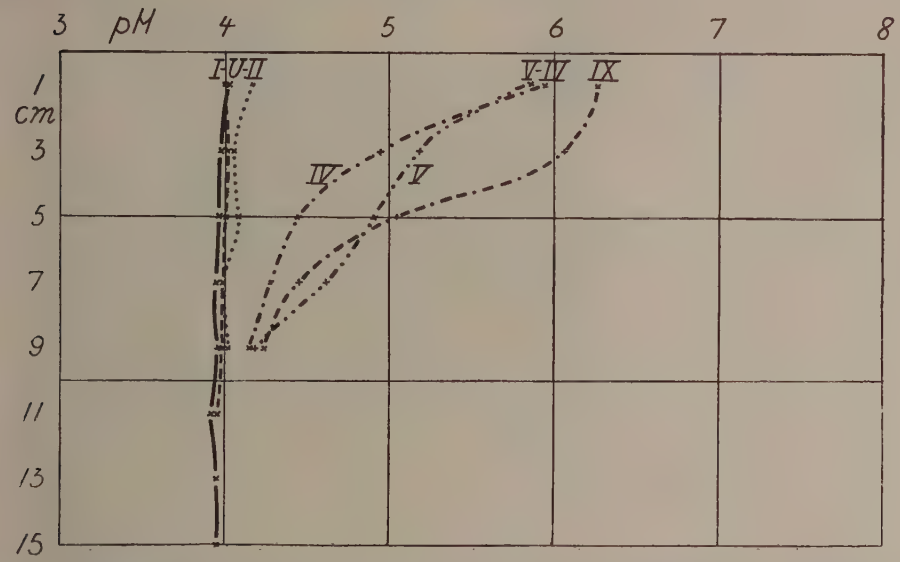


Fig. 1. Forsøksfelt paa Skeiseidet i Førresfjord pr. Haugesund. Anlagt 1926, maalt 1931 og 1932. P_H-snit som viser reaktionens forandring med stigende dybde, maalt i trin med 2 cm's avstand. U = urørt jord utenfor feltet. I. Ubehandlet forsøksrute hvor bare lyngen er brændt. II. Harvet og kunstgjødslet rute. IV. Kunstgjødslet og kalket. V. Som rute II, men desuten kalket. IX. Haandgravet til 10–15 cm's dybde, kalket, kunstgjødslet og smittet med husdyrgjødsel.

(PH-Schnitt, die Änderung der Reaktion mit der Tiefe in Stufen von 2 cm zeigend. U = unbehandelter Boden ausserhalb des Versuchsfeldes. I. Unbehandelte Versuchsparzelle, wo nur die Heide gebrannt worden ist. II. Geeggte Versuchsparzelle mit Kunstdünger. IV. Kunstdünger und Kalk. V. Wie Parzelle II, aber ausserdem gekalkt. IX. Parzelle umgegraben bis 10–15 cm Tiefe, Kalk, Kunstdünger und etwas Viehdünger.)

bare hævet reaktionen ubetydelig, fra pH 4.02 til 4.17 i de øverste 2 cm., mens det i alle dypere nivaaer ikke er nogen forandring. Først kalkning bringer en sterk og varig reaktionsforandring, og her er pH i rutene IV—V og IX, som alle har faat kalk (250 kg. CaO pr. dekar), bragt op til 5.85—6.27 i det øverste lag. Denne reaktion finder vi imidlertid bare i de øverste 2 cm. Allerede næste lag, 2—4 cm. (tabellens 3 cm.) og endnu mere 4—6 cm.-laget (tabellens 5 cm.), viser betydelig surere reaktion. I rute IV, hvor der ikke er nogen speciel mekanisk jordbearbeidning, er kalkens virkning allerede i 3 cm.'s dybde saa liten at pH er under 5, og i dybde 5 cm. er den bare 4.44. I rute V, hvor kalken er harvet ned, gaar dens virkninger litt dypere, men først i rute IX, som er haandgravet, er dens virkning i dybden saa stor at jordlaget 2—4 cm. endnu har pH > 6, og jordlaget 4—6 cm. pH ca. 5. I jordlagene dypere end 5 cm. er kalkvirkningen meget liten (pH max. 4.60), og i 9 cm.'s dybde er alle kurver naadd praktisk talt ind til kurvene for ukalkete ruter, d. v. s. ingen kalkvirkning. Altsaa: Større, varig kalkvirkning er det her bare ned til 5 cm. Reaktionsændringene viser altsaa at vi har en typisk overflatekalkning, hvor vekstkaarene bare er ændret i de øverste 5 cm. jordlag. Og de viser

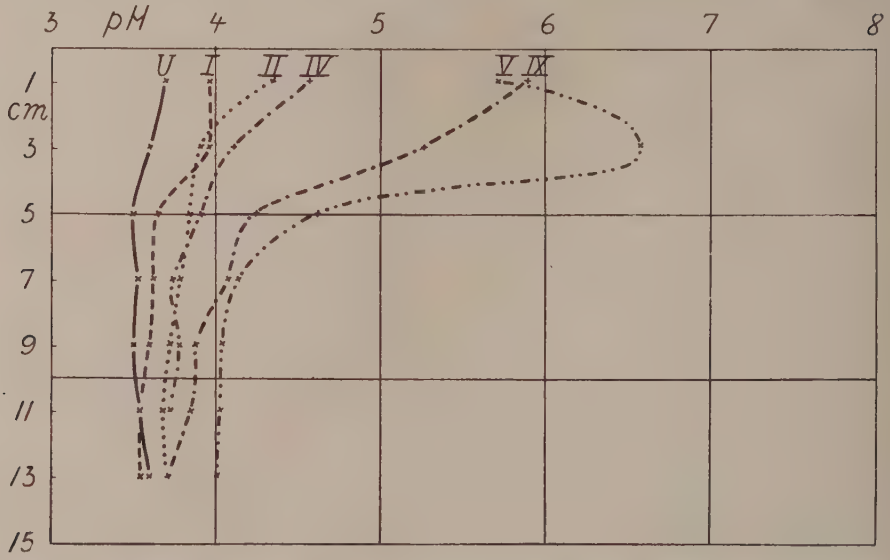


Fig. 2. Forsøksfelt paa K e t i l s v i k i S a n d e b y g d a, G u l e n. Feltet anlagt 1924, maalt august 1932. Se forøvrig forklaring til fig. 1. (Siehe Erklärung zu Fig. 1.)

ogsaa at faktorer som lyngbrænding, eller harvning i forbindelse med bare kunstgjødsel gjennem alle aar, ikke bringer nogen varig reaktionsændring. Kun kalkning virker, men her spores virkningene av den ene gangs kalkning selv efter 5—6 aar med en reaktion som ligger omkring pH = 6. Lyngen er helt forsvundet bare paa de ruter som er haandgravet (VI og IX), eller som har faat husdyrgjødsel (VIII—XI).

Titreringskurver og andre forhold vil bli behandlet senere for alle disse prøver under ett.

2. Feltet paa Ketilsvik i Sandebygda, Gulen.

Feltet ligger flatt paa myrmark, som utenfor feltet viser lyngmarkens fattige vegetation: *Calluna, Scirpus cæspitosus, Molinia coerulea, Carex* sp., *Juncus* sp.

Jordprofilet viser utenfor feltet øverst 15—20 cm. tæt, uformuldet torv som i øvre 5 cm. er kaffebrun, dypere sortbrun. Jorden er meget askefattig. Gjennemsnit av flere prøver viser: vand 71.53 %, glødetap 27.36 %, aske 1.1 %, $\frac{G}{A} = 24.8$.

Feltet, som er fra 1924, blev slaat sidste gang 1929 og var dette aar ikke gjødslet. Siden er det beitet. I 1932 blev over det hele paaført trollmjøl efter 40 kg. pr. dekar. Prøvene til reaktionsbestemmelse er tat juli 1932.

Som fig. 2 og tab. 4 viser, er jorden utenfor feltet (U) meget sur. Dens aktuelle pH er i de øvre 2 cm. 3.68, og den holder sig paa værdier mellem 3.50 og 3.60

i hele den undersøkte dybde (til 13 cm.). Feltets ubehandlede rute (I) har i de øvre 5 cm. bare en ubetydelig høiere pH, som heller ikke her naar over 4.0. Harvning og gjødsling har i rute II bragt en liten reaktionsændring i de øvre 2 cm. (pH = 4.32), men ellers ingen forandring. Rute IV, som har faat alsidig kunstgjødsel og desuten kalk, viser paafaldende liten reaktionsændring. Den er saa liten at den enten maa bero paa en feil ved rutens behandling (manglende kalkning), eller de uttagne prøver er tilfældigvis tat paa steder hvor der paa grund av ujevn kalkning er kommet litet kalk. Nye prøver fra denne rute har det ikke været anledning til at faa analyseret. De to øvrige kalkede ruter (V og IX) viser en sterk reaktionsændring, idet pH i de øverste 2 cm. her endnu ligger bare litt under 6 (pH. 5.72—5.88). Kurven for den harvede rute V gjør i 3 cm.'s dybde en sterk bøining mot neutralpunktet og naar pH 6.57, mens den haandgravede IX bare naar 5.26. Denne karakteristiske form av kurven for rute V gjenfindes i en række felter. Den maa bero paa at kalken ved denne behandlingsmaate (harvning) blir samlet i dette nivaa, mens haandgravning sprer den mere i dybden. Kalkvirkningen er ogsaa for dette felt meget overfladisk. Allerede i 5 cm.'s dybde er reaktionen kommet langt under pH = 5 (pH = 4.22 og 4.61), og i 7 cm. ligger den ubetydelig over pH = 4.

Altsaa ogsaa her for reaktionens vedkommende en utpræget overflatevirkning.

Tab. 4. P_H-snit i Ketilsvik felt (Gulen).

Dybde cm	Rute					
	U	I	II	IV	V	IX
1	3.68	3.95	4.32	4.56	5.72	5.88
3	3.60	3.95	3.90	4.10	6.57	5.26
5	3.49	3.64	3.84	3.91	4.61	4.22
7	3.52	3.62	3.78	3.74	4.13	4.07
9	3.50	3.60	3.72	3.78	4.03	3.88
11	3.55	3.54	3.68	3.72	4.03	3.84
13	3.60	3 55	3.70	—	4.00	3.72

3. Feltet paa Indre Strømmen i Askvold.

Feltet ligger i lyngmark, men i helding og paa godt oplændt mark. Vegetationen er den vanlige artsfattige paa lyngmark.

Jordprofilet (U = utenfor feltet) viser 13—15 cm. torv, som i øvre 6 cm. er tæt og seig, men derefter blir mere og mere sandholdig. I 15 cm.'s dybde er et sandlag ca. 8 cm. tykt og derunder brun sand og grus.

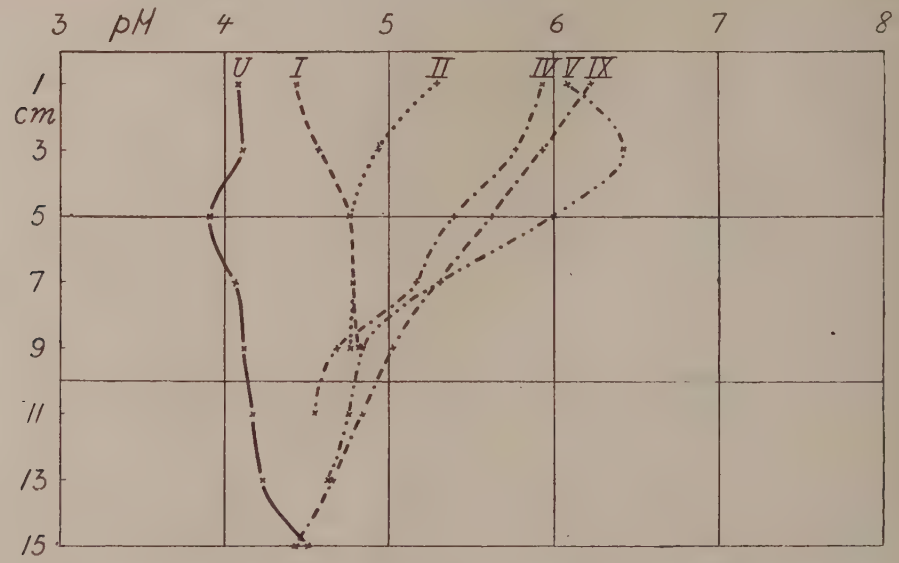


Fig. 3. Forsøksfelt paa Indre Strømmen, Askvold. Feltet anlagt 1924, maalt juli 1931 og 1932. Se forøvrig forklaring til fig. 1. (Siehe Erklärung zu Fig. 1.)

I det øverste 6 cm.'s lag er vandindholdet 82.3 %, glødetapet 16.5 %, askeindholdet 1.2 % og $\frac{G}{A} = 13.7$. I det derpaa følgende lag fra 6—15 cm. er der mere sand i torven, og vandindholdet synker til 75.7 %, glødetapet er her 19.2 %, aske 5.1 % og $\frac{G}{A} = 3.7$. I det hele er det altsaa en torvjord med varierende askeindhold.

Feltet som er anlagt i 1924, har meget høie avlingstal, og især de dypbearbeidede ruter har git godt utbytte. Jorden er i aarenes løp her ændret meget i gunstig retning, idet dypbearbeidningen har bragt de dypere lags sand op i overflatelaget og derved bedret disses formuldning. Det synes dog som om askeindholdet indenfor feltet allerede fra begyndelsen av har været noget høiere end ovenstaaende analyse fra jord utenfor feltet viser. Rute IX b, som har rekordtal i avling, er nærmest en ler- og sandholdig muldjord og derfor meget bedre end de øvrige ruter. Forsaavidt er rutene paa dette felt ikke helt sammenlignbare, og de høie avlingstal (i rute IX) kan ikke tjene som maalestok for jord av den torvtype som det meste av feltet ligger paa. Hvor gunstig rute IX b staar, fremgaar av nedenstaaende tal for vandindhold, glødetap og aske i de øvre 10 cm. av de opførte ruter:

Rute	Vand-indhold %	Glødetap %	Aske %
U (utenfor feltet)	80.1	17.0	2.9
I a	74.9	17.8	7.2
II a	76.0	15.7	8.3
IV b	77.1	17.0	5.9
V a	72.6	21.7	5.7
IX b	*48.9*	*11.4*	*39.7*

Det høie askeindhold i IX b skyldes ikke bare haandgravningen, men like meget at jorden i denne lavere del av feltet skifter karakter. Med disse uregelmessigheter er det at vente at ogsaa reaktionsforholdene er litt avvikende.

Tab. 5. P_H-snit i Indre Strømmen felt i Askvold.

Dybde cm	Rute					
	U	I	II	IV	V	IX
1	4.09	4.44	5.28	5.93	6.08	6.22
3	4.12	4.59	4.93	5.77	6.42	5.93
5	3.92	4.77	4.79	5.40	6.00	5.62
7	4.07	4.80	4.79	5.18	5.31	5.30
9	4.12	4.83	4.77	4.69	4.84	5.02
11	4.18	—	—	4.56	4.76	4.84
13	4.24	—	—	—	4.64	4.65
15	4.51	—	—	—	—	4.43

Fig. 3 og tab. 5 viser at den udyrkede jord, tat utenfor (ovenfor) feltet i typisk lyngmark, er sterkt sur (pH ca. 4) og ensartet til ca. 10 cm.'s dybde. Her begynder paa grund av svakt øket sandindhold en merkbar ændring i reaktionen og ved 15 cm.'s dybde, hvor sandlaget kommer, stiger pH til ca. 4.5. Den ubehandlede mark i rute I ligger paafaldende langt fra U-kurven, og da forskjellen strækker sig i dybden, skyldes dette ujevnhet i jorden. Den harvede og gjødslede rute II viser med sin pH = 5.28 i øverste 2 cm. mot I-rutens pH = 4.44 utvilsomt her en reaktionsvirkning av gjødslingen og behandlingen. Denne relativt store reaktionsændring for harvning og kunstgjødsel skyldes vel væsentlig at der blev anvendt t h o m a s f o s f a t ved 1. gangs gjødsling. Denne virkning strækker sig imidlertid ikke længere ned end 5 cm., hvor kurvene for disse to n a b o r u t e r

(I a og II a) møtes, og saaledes viser at I-kurven egentlig representerer den ubehandlede mark i denne del av feltet. Reaktionsændringen fører imidlertid i II op til ca. 5.3, som utvilsomt er en for græs brukbar værdi, og dermed blir antagelig kalkningens utslag paa denne mark ikke saa stor. Den er dog efter høstetallene for 1930 at dømme allikevel ikke liten. De kalkede ruter IV, V og IX har pH-værdier som i øverste 2 cm. lag ligger litt under og litt over 6. Som vist paa andre felter gjør V-kurven ogsaa her i ca. 3 cm.'s dybde den karakteristiske bøining mot neutralpunktet til tegn paa at kalken ved denne behandlingsmaate er samlet her. Forøvrig strækker kalkvirkningen sig i dette felt noget dypere og først nede i 10 cm.'s dybde naaes kurvene for de ukalkede parceller, og her forsvinder altsaa kalkvirkningen. I 15 cm.'s dyp synes reaktionen for alle ruter at være den samme og omkring pH = 4.5.

4. Feltet paa Hognestad, Jæderen.

Feltet ligger paa tør, godt heldende mark i typisk jædersk lynghei. Vegetationen er omtrent bare *Calluna* med litt bunke og hvein.

Efter Ødelien (1928) skal der her være 15 cm. dyp lyngtorv uten skarp overgang til rødfarvet, litt sandholdig grusunderlag. Podsolprofil med bleksandlag mangler altsaa her som saa mange andre steder i Jæderens lyngheier.

Efter egne undersøkelser viste profilet utenfor feltet øverst 4 cm. brun lyngtorv, derunder 4 cm. sort, sandholdig torv og tilslut 2 cm. brun sandjord. Jorden er paa grund av sandindholdet meget askerik, og prøver av de overste 10 cm. gav utenfor feltet i gjennemsnit: vandindhold 31.0 %, glødetap 16.67 %, aske 52.33 %[1]).

I enkelte ruter finder man sikre tegn til et begyndende podsolprofil. Rute I a viser saaledes:

A_1. 5.5 cm. brun uformuldet lyngtorv.
A_2. 1.5 » sandjord, av lys til næsten hvit farve, — bleksandlag.
B. 1.5 » utfældningshorisont av tæt sort farve (humus).
C. 2.5 » brun sandjord.

Dimensionene er smaa, og profilet findes kun flekvis hist og her. Men det er en utvilsom begyndelse til podsolering.

Som fig. 4 og tab. 6 viser, er den ubehandlede jord utenfor feltet (U) sterkt sur med en pH = 4.18 i overflaten og svak stigning til pH = 4.40 i 9 cm. Uten anden behandling end brænding av lyngen naar reaktionen (rute I) i 0—2 cm.'s dybde op til 4.55, men er allerede i 3 cm.'s dybde sunket ned til U-rutens værdi.

PH-værdiene for de undersøkte ruter er som opført i tab. 6.

[1]) Denne jordprøve kom noksaa sent til undersøkelse og var derfor trods god emballage kanske lidt indtørret. Vandtapet var dog ikke større end at ovennævnte procentiske forhold stort set er rigtig for denne tørre heiejord med rikelig sandindhold.

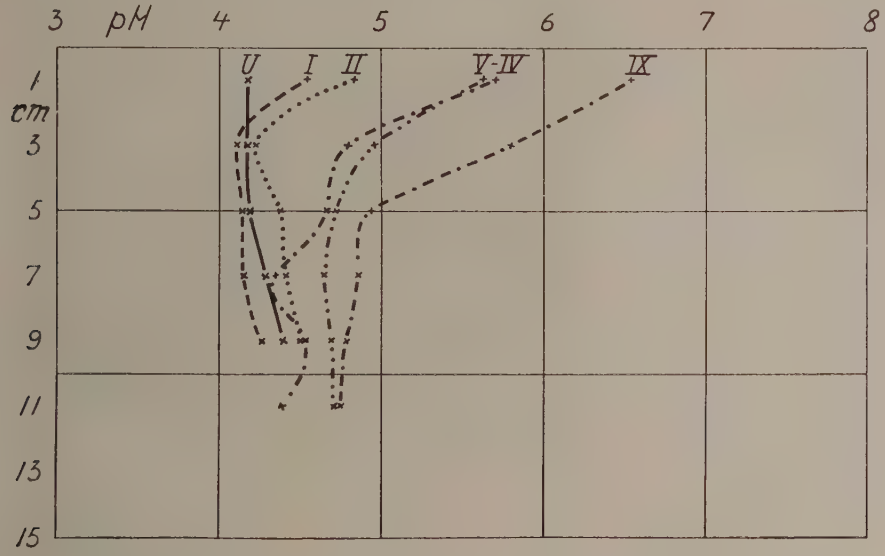


Fig. 4. Forsøksfelt paa Hognestad, Jæderen. Feltet anlagt 1925, maalt august 1932. Se forøvrig forklaring til fig. 1. (Siehe Erklärung zu Fig. 1.)

Tab. 6. P_H-snit i Hognestadfeltet.

Dybde cm	Rute					
	U	I	II	IV	V	IX
1	4.18	4.55	4.82	5.72	5.62	6.53
3	4.18	4.12	4.23	4.80	4.97	5.80
5	4.20	4.15	4.38	4.67	4.72	4.94
7	4.30	4.16	4.42	4.35	4.65	4.86
9	4.40	4.27	4.52	4.54	4.70	4.79
11	—	—	—	4.39	4.71	4.76

Harvning og alsidig kunstgjødsel har her bragt reaktionen i rute II op til 4.82[1]).

De kalkede ruter IV — V og IX viser sterke reaktionsændringer med pH i overflatelaget helt op til 6.53 for IX. Virkningene av kalken svinder imidlertid

[1]) Denne værdi gjælder i dette felt for rute II b. Parallelruten II a har i overflatelaget faatt en pH = ca. 5.60 og har altsaa naadd samme værdi som de kalkede ruter. Antagelig beror dette resultat paa en feil (kalkning?) ved denne rutes behandling.

ogsaa her hurtig med dybden, og i 5 cm.'s dybde er alle pH-værdier under 5. Den haandgravede rute IX viser ogsaa her de bedste dybdevirkninger av kalken.

Feltet er anlagt 1925 og avsluttet som felt 1930 (5 forsøksaar). Gjerdet er tat bort 1931, og senere er det beitet.

Ved prøveuttagning 1932 hadde kvitkløveren holdt sig paa de fleste ruter og var paa flere rigtig frodig. Bare paa rutene I og III var der ingen kløver (ikke saadd). Her var til gjengjæld praktisk talt bare lyng, og kalkningen paa rute III har ikke været tilstrækkelig til at holde lyngen borte. De øvrige ruter var uten eller kun med spor av lyng.

Hos forsøksverten, gaardbruker Halvor Hognestad, har jeg hat anledning til at se høsteresultatene for alle 5 aar. De gir et meget interessant eksempel paa nytten av smitning med husdyrgjødsel paa slik jord. Sammenstilles høstetallene for de ruter som har faat kreaturgjødsel, med dem der har nærmest tilsvarende behandling, men uten naturgjødsel, faaes pr. rute i sum for alle 5 aar følgende avlinger i kg.:

Rute IV (uten naturgjødsel)	47.0	
» VII (som IV, men smittet med naturgjødsel	88.5	
	Merutbytte	41.5 kg.
Rute V (uten naturgjødsel)	62.0	
» VIII (som V, men smittet med naturgjødsel)	91.4	
	Merutbytte	29.6 kg.
Rute VI (uten naturgjødsel)	54.5	
» IX (som VI, men smittet med naturgjødsel)	89.8	
	Merutbytte	35.3 kg.
Rute V (uten naturgjødsel)	62.0	
» XI (som V, men naturgjødsel 1. og 3. aar)	90.3	
	Merutbytte	28.3 kg.

Saa store utslag for smitning med naturgjødsel maa opfordre til fortsatte forsøk paa slike jordtyper som denne.

5. Feltet paa Nordhassel, Lister.

Feltet er svakt nordheldende til næsten flatt. Søndre og vestlige del, med rutene I a og X b ligger høiere og tørrere end nordlige og østlige del med rutene VII—IX b, hvor det utvilsomt er vaatere. Syd og vest for feltet er mager græsmark med typeplanter som *Leontodon, Potentilla, Prunella* og *Campanula,* samt spredt *Calluna.* Nord og øst for feltet er vaat myrmark med *Calluna, Erica tetralix, Ranunculus flammula, Cirsium palustre, Succisa pratensis, Carex* sp.

Feltet som ligger paa overgang mellem disse to marktyper er meget uensartet, hvad ogsaa avlingstallene viser. Alle b-ruter (den nordlige halvdel) gir nemlig meget høiere avlinger end de tilsvarende a-ruter (sydlige halvdel). Til en viss grad skyldes dette antagelig de bedre fugtighetsforhold paa b-rutene, men jordbundsforholdene ellers er ogsaa meget varierende og spiller sikkert ind, og som forsøksfelt er Nordhasselfeltet paa grund av sine ujevne jordbundsforhold litet egnet. Jorden er en temmelig meget formuldet torvjordtype, og formuldningsgraden er her som saa mange gange porportional med askeindholdet, d. v. s. sandindholdet paa dette felt. Nedenfor er sammenstillet vandindhold, glødetap og aske for de undersøkte ruter:

	Rute						
	U_1 —	U_2 —	I a —	II a —	IV b —	V a —	IX b
Vand ....%	50.23	58.87	25.23	34.30	19.23	45.00	45.00
Glødetap.....%	27.47	29.63	24.03	26.97	24.30	32.73	32.50
Aske.. .....%	22.30	11.50	50.73	38.73	56.47	22.27	22.50
$\frac{G}{A}$ .....%	1.23	2.57	0.47	0.70	0.43	1.47	1.45

Her er prøvene U_1 og U_2 tat utenfor feltet og U_1 representerer den mere tørre oplendte græsmark, mens U_2 er den vaatere myrmark. Askeindholdet er selv i den sidste temmelig høit, og det store sandindhold i slik jord skyldes sikkert litt sandflugt som her paa disse kanter altid maa tas i betragtning.

Prøvene er tat 1932. Tab. 7 viser at den urørte jord U_1, som nærmest svarer til de undersøkte ruter I a, II a og V a, er relativt litet sur med en overflate-pH = 4.89[1]). Den ubehandlede rute I har — vel mest som følge av sit meget høiere askeindhold — allerede fra begyndelsen av en bedre reaktion, og dens overflate-pH = 5.49 er sikkert mest av oprindelig art. Det samme kan til en viss grad gjælde rute II, men den stigning i pH som denne viser i sammenligning med I, skyldes utvilsomt behandlingen (kunstgjodning og harvning).

[1]) U-kurven i fig. 5 er gjennemsnit for U_1 og U_2.

Tab. 7. P_H-snit i Nordhassel felt, Lista.

Dybde cm	Rute						
	U_1	U_2	I	II	IV	V	IX
1	4.89	4.50	5.49	5.92	6.36	6.33	6.59
3	4.55	4.50	4.77	4.90	6.39	6.59	6.29
5	4.47	4.29	4.80	4.59	6.37	5.02	5.00
7	4.48	4.18	4.81	4.40	6.00	4.11	4.50
9	4.46	4.42	4.77	4.37	5.60	4.16	4.36
11	4.46	4.57	—	—	4.95	—	—

De kalkede ruter IV—V og IX har alle en overflate-pH som ligger relativt høit, i gjennemsnit ca. 6.4. Naar denne reaktion 7 aar efter kalkningen ligger saa høit, har den i de første aar sikkert ligget omkring eller over 7, og det er forstaaelig, at feltet, som av Ødelien anført, kan ha vist negativ kalkvirkning, d. v. s. de kalkede ruter viser mindre utbytte end de ukalkede. Kalkens reaktionsændrende virkning er ogsaa for to av disse ruter (V og IX) trods den bearbeidning de har faat i form av harvning og haandgravning helt overfladisk, idet pH allerede i 5 cm.'s dybde er bare ca. 5.0. Og vi maa anta at kalkvirkningen i de kalkede, men ikke mekanisk bearbeidede ruter har været enda mere overfladisk, og at disse har vist en meget høi pH, sikkert omkring neutralpunktet eller derover. Desværre er den eneste av disse ruter som er undersøkt, nr. IV - b, helt avvikende ved sit abnormt høie askeindhold, og netop i disse typer gaar kalkvirkningen hurtig ned til større dybder, som figuren ogsaa viser.

Den ugunstige virkning av kalken skyldes sikkert at den anvendte kalkmængde er for stor for denne jordtypes mere sandrike ruter. Ved overfladisk kalkning blir derfor reaktionen paa denne forholdsvis mindre sure, askerike jord for høi, kanske betydelig over neutralpunktet i de første aar. Hos forsøksverten, gaardbruker Rolf Reinertsen, har jeg hat anledning til at se høstetallene for de 5 aar 1925—29, og det er paafaldende at den skadelige kalkvirkning er mindst i harvede og især i de haandgravede ruter, hvor kalken er bragt dypere ned og fordelt paa en større jordmængde. Denne forklaring stemmer ogsaa dermed at kalkens skadevirkning er mindst i de senere aar, idet den da er mere fordelt og neutraliseret. Feltet er nu gaat ut, gjærdet er borte, og det beites.

6. Feltet på Tveit, Nordgulen.

Feltet ligger i brat bakkemark, tildels saa brat at man med de relativt smaa ruter neppe kan anse det for skikket som forsøksfelt. Vegetationen er utenfor feltet lyngmarkens artsfattige, men karakteristiske: *Calluna, Hyperichum pulchrum, Hypochaeris maculata, Potentilla tormentilla, Euphrasia* og litt *Vaccinium vitis idaea.*

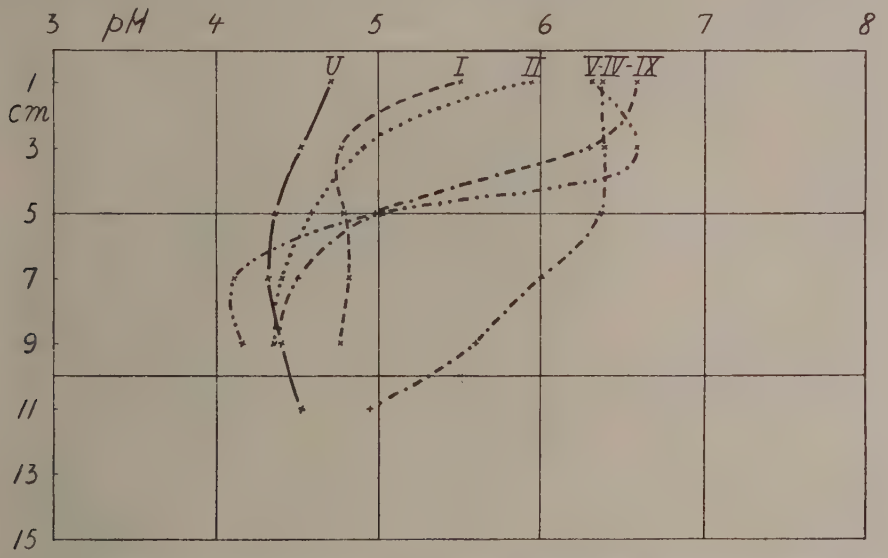


Fig. 5. Forsøksfelt paa Nordhassel, Lister. Feltet anlagt 1925, maalt august 1932. Se forøvrig forklaring til fig. 1. (Siehe Erklärung zu Fig. 1.)

Jorden er hos Ødelien (1928) betegnet som »8—10 cm. forholdsvis skjør torv, en smule blandet med sand- og grusundergrunden.« Denne karakteristik er muligens litt for ugunstig. Mine egne prøver i 1932 viste utenfor feltet øverst 2.5 cm. løs, god sandholdig muldjord og derunder 9.5 cm. sterkt sandholdig jord med relativt lite organisk substans, som nederst gaar over i ren sand. Lignende sterkt sandholdige profiler viser ogsaa de fleste av de undersøkte ruter indenfor feltet, og jeg kan ikke gaa med paa at bruke betegnelsen torvjord om jorden i denne bratte bakke, hvor formuldningen foregaar hurtig og godt. Jordens karakter av sandholdig muldjord fremgaar ogsaa tydelig av nedenfor anførte analyser.

	Rute					
	U	I a	II a	IV b	V a	IX a
Vandindh. . %	39.5	55.30	32.00	39.97	24.87	43.63
Glødetap . . %	9.37	9.83	8.17	8.77	9.80	12.77
Aske . . . . . %	51.13	34.87	59.83	51.27	65.33	43.60
$\frac{G}{A}$ . . . . . %	0.18	0.28	0.14	0.17	0.15	0.29

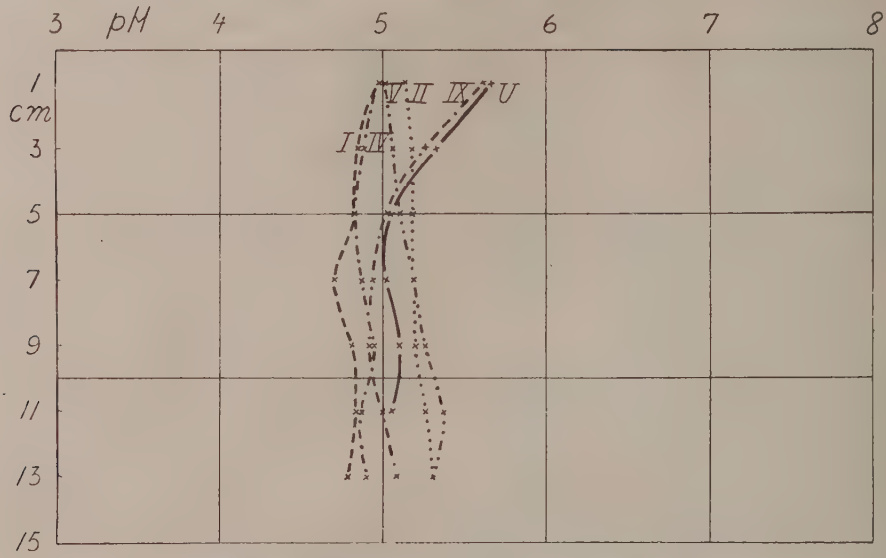


Fig. 6. Forsøksfelt paa T v e i t i G u l e n. Feltet anlagt 1924, maalt juli 1932. Se forøvrig forklaring til fig. 1. (Siehe Erklärung zu Fig. 1.)

Selv om denne jord mellem indsamling og analyse kan ha tapt noget vand, viser allikevel forholdet mellem glødetap og aske at vi her har med en helt anden jordtype at gjøre end torvjord.

Prøvene er tat 1932. Kurvene i fig. 6 viser da ogsaa et helt andet forløp. Det karakteristiske er at enhver kalkvirkning i form av reaktionsforandring er forsvundet. Kurvene løper tæt sammen, og der er ingen forskjel paa kalkede og ukalkede ruter. Naar den ubehandlede mark utenfor feltet (U) her viser høiest overflatereaktion, kommer det av markens noget uensartede beskaffenhet. Prøven er nemlig tat paa den ene side av feltet, like utenfor rute IX b, og som vi ser løper disse kurver U og IX like i hinanden til tegn paa at reaktionen i denne del av feltet ligger litt høiere. Feltet viser altsaa at kalkvirkningen, som utvilsomt i de første aar har været tilstede ogsaa i reaktionstallene for de øvre jordlag, nu 8 aar efter anlægget er helt forsvundet. Kalken er m. a. ord vasket ut av disse overflatelag og ned i dypere lag, og fordelt paa saa store jordmængder, eller vasket saa dypt ned at der ikke er nogen reaktionsændring nu saa længe efter kalkningen.

Tab. 8. P_H-snit i ældste felt paa Tveit (Gulen).

Dybde cm	Rute					
	U	I	II	IV	V	IX
1	5.66	4.97	5.14	4.96	5.02	5.62
3	5.32	4.85	5.18	4.88	5.06	5.26
5	5.05	4.83	5.18	4.83	5.10	5.02
7	5.02	4.71	5.18	4.87	5.20	4.94
9	5.10	4.81	5.20	4.94	5.26	4.92
11	5.04	4.84	5.26	4.86	5.37	5.00
13	—	4.80	5.30	4.90	5.30	5.08

Grunden til denne kortvarige kalkvirkning er tildels at feltet ligger i brat bakke med ikke saa litet av friskt vandtilsig i jorden og selvfølgelig betydelig vandsig over jorden. Hovedaarsaken er imidlertid denne jords relativt lave indhold av organisk substans, som jo de ovenfor givne tal viser. Forholdet mellem glødetap og aske er for U = 0.18 og i gjennemsnit for feltets ruter (I—II—IV—V—IX) = 0.20. Der er altsaa en diametral motsætning til feltene med sterk varig kalkvirkning som f. eks Skeiseidet, hvor forholdet for U er 4.75 og i gjennemsnit for de samme ruter 6.98. For den typiske myrprøve Ketilsvik er tallet for U = 24.8 og for rutene 33.2.

Som vi senere skal omtale er det først og fremst humuskolloidene i vore vestlandske jordtyper som er det kalkadsorberende og kalkbindende element i jorden. Den store kalkmængde som de adsorberer, sitter fast, og utvaskes bare langsomt eftersom humusen nedbrytes, eller de utbyttes med den tilførte kunstgjødnings kationer. En mineralrik, humusfattig jord, som denne sandholdige muldjord eller sandjord i Tveitfeltet, formaar ikke at adsorbere paa langt nær saa store kalkmængder som torvjorden, og det som adsorberes vil ogsaa her hurtigere mistes paa grund av delvis utbytning med sigevandets kationer, som i slik brat bakke vil ha en ikke liten virkning.

Vi kommer i et senere avsnit tilbake til disse prøver og skal da diskutere dette og andre forhold nærmere.

B. Nyere kalkningsfelter (type: Dommersnes).

Felter av denne type er anlagt av Selskapet for Norges vel i 1929 i Hordaland, Sogn og Fjordane og Møre fylker. De er kalkningsfelter, som først og fremst skal bringe paa det rene hvilken kalkmængde som er passende, men desuten er spørsmaalet om kvælstofgjødningens nødvendighet fra og med 2. aar tat med. Feltene er anlagt efter følgende plan:

A	I	II	III	IV	V	VI
B	IV	V	VI	I	II	III
C	II	III	IV	V	VI	I
D	VI	I	II	III	IV	V

Rutene er 5 × 5 m. = 25 m.². Feltet 30 × 20 m. = 600 m.². Der er 4 parallelruter, og feltets varighet forutsættes til mindst 5 aar. Der er 6 forskjellige behandlingsmaater (I—VI):

Ruter I faar alsidig kunstgjødsel.
— II „ gjødsel som I og desuten i første aar kalk efter 150 kg CaO pr. dekar
— III „ —„— —„— 300 —„—
— IV „ —„— —„— 450 —„—
— V „ ingen N-gjødsel fra og med 2. aar, men ellers kalk og gjødsel som III
— VI „ —„— —„— —„— „ IV

Følgende frøblanding er benyttet:

	Paa oplændt jord:	Paa sidlændt fastmark og myr:
Hvitkløver	0.5 kg.	0.5 kg.
Timotei	1.0 »	1.0 »
Engrap	0.5 »	0.5 »
Rødsvingel	1.0 »	1.0 »
Engsvingel	0.75 »	1.25 »
Enghvein	0.50 »	—
	4.25 kg.	4.25 kg.

Gjødsling pr. dekar er:	P_2O_5	K_2O	N
1. aar	8 kg	8 kg	3 kg
Aarlig senere	5 „	5 „	4 „ (2 + 2)

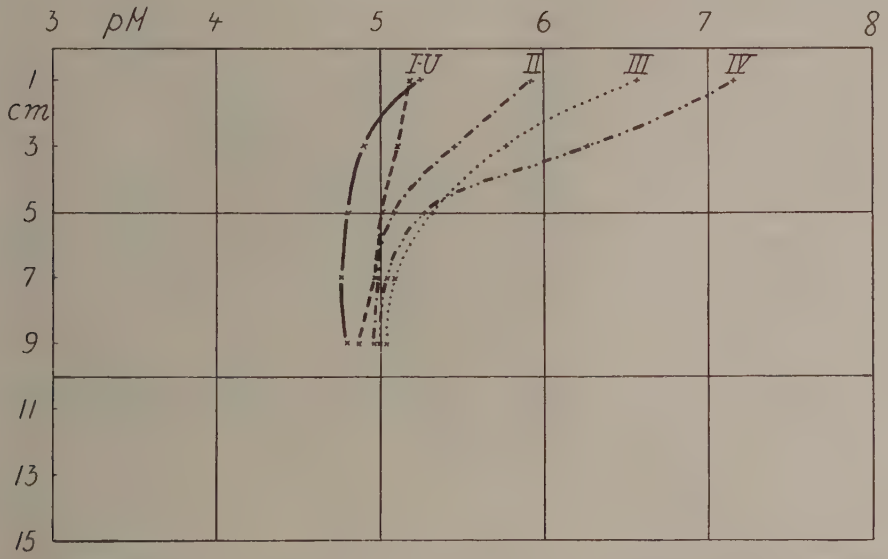


Fig. 7. Forsøksfelt paa Dommersnes i Nordheim pr. Haugesund. Feltet anlagt 1929, maalt oktober 1931 og august 1932. P_H-snit som viser reaktionens forandring med stigende dybde, maalt i trin med 2 cm's avstand. U = urørt jord utenfor feltet. Ruter I—IV alle med kunstgjødning og stigende kalkmængde: I. Ingen kalk, II. 150 kg CaO, III. 300 kg CaO og IV. 450 kg CaO pr. dekar.

(PH-Schnitt, die Änderung der Reaktion mit der Tiefe in Stufen von 2 cm zeigend. U = unbehandelter Boden ausserhalb des Versuchsfeldes. Parzellen I—IV alle mit Kunstdünger und steigenden Kalkgaben: I. Ohne Kalk, II. 150 kg CaO, III. 300 kg CaO und IV. 450 kg CaO pr. Dekar.)

Av denne type felter skal her behandles følgende:

1. Dommersnes pr. Haugesund, 2. Hove I, Selje, 3. Felt hos Kr. Sandnes, Eidsaa, 4. Felt hos O. Tandstad, Ekornnes, 5. Felt hos John Rødal, Spjelkavik, 6. Felt hos J. Tveit, Gulen.

Paa disse felter er prøver undersøkt for rutene A—I—IV og C—I—IV, og de opførte værdier er middel av A- og C-rutene.

1. Feltet paa Dommersnes i Nordheim pr. Haugesund.

Feltet ligger paa mark som vel nærmest maa betegnes som myrmark av relativt god beskaffenhet. Der blir for tiden sterkt grøftet omkring feltet, og dette har sikkert bidradd til at bedre jorden i de sidste aar.

Vegetationen var utenfor feltet væsentlig: *Eriophorum* sp., *Scirpus* sp., *Comarum palustre*, og jordprofilet viste her øverst 50—70 cm. tæt, seig myrtorv og derunder 50 cm. lere over fjeld. De øverste 15 cm. som her er undersøkt, viser:

vandindhold 60.07 %, glødetap 26.77 % og aske 13.7 %. Forholdet $\frac{G}{A}$ er altsaa 1.95.

Der er en sterk opdyrkning med avgrøftning paa alle kanter omkring feltet, og det var litt vanskelig at finde typisk urørt jord utenfor rutene. Den type hvis reaktion er fremstillet ved kurve U i fig. 7, maa ansees som representativ. Som man ser, ligger dens reaktion omkring pH = 5, litt høiere (5.25) i overflaten, og gaar ned i værdier omkring 4.8 fra 5 cm.'s dybde og nedover.

Prøvene er tat oktober 1931. Kurvene i fig. 7 gjælder forholdene for prøver indsamlet i oktober 1931, altsaa efter 3 somre, og kun for rækkene A og C. Som kurve I viser, har de tilførte mængder kunstgjødning ikke forandret reaktion i overflatelaget. Kurvens lille avvikelse fra U-kurven i de dypere lag er sikkert bare en tilfældighet.

De 3 kurver II—III og IV, som representerer ruter med stigende kalkmengde 150—300—450 kg. CaO pr. dekar, viser en meget regelmæssig reaktionsændring som følge av denne kalkning — med pH 5.92—6.56 og 7.15 i de øverste 2 cm. Virkningen er sterkt avtagende med dybden og er allerede i 5 cm.'s dybde ubetydelig i forhold til den ukalkede rute I.

De nøiagtige talværdier er som grundlag for fig. 7 følgende:

Tab. 9. P_H-snit i Dommersnes-feltet.

Dybde cm	Rute				
	U	I	II	III	IV
1	5.25	5.18	5.92	6.56	7.15
3	4.91	5.11	5.46	5.76	6.25
5	4.82	5.01	5.09	5.32	5.28
7	4.78	4.99	4.97	5.09	5.04
9	4.81	4.96	4.87	5.03	4.99

Som tabel og figur viser gir den største kalkmængde en overflate-pH = 7.15. Dette er utvilsomt i høieste laget for de græsarter som er saadd paa feltet. Jeg har hos feltbestyreren, herredsagronom Mons Dale, hat anledning til at se høsteresultatene for de 4 første aar (1929—32). Der er efter høstetallene at dømme betydelige ujevnheter i feltet, idet bl. a. A- og B-rækkene gir betydelig mindre avlinger end C- og D-rækkene. I de 2 første rækker (A og B) er der et tydelig positivt utslag til fordel for de to første kalkmængder (150—300 kg. CaO), mens 3. kalkmængde (450 kg) har bragt utbyttet ned til værdier som ligger under værdiene for mindste kalkmængde, og altsaa virket sterkt skadelig.

I rækkene C og D er resultatene uregelmæssige og tillater ingen sikre slutninger om kalkens virkning.

Selv om feltet ikke er ensartet og vanskelig vil kunne komme til at gi sikre resultater, kan man dog efter min mening med sikkerhet gaa ut fra at den største kalkmængde, 450 kg. CaO pr. dekar, her er for stor og virker skadelig. Den er heller ikke helt tilnyttegjort. Der findes i de fleste ruter IV og VI i øverste jordlag (0—2 cm.) endnu betydelige mængder uopløst kalk som større eller mindre haarde klumper $CaCO_3$. Kalken er utbragt som $Ca(OH)_2$ og har tydeligvis været for vaat, saa fin fordeling ikke har været mulig. De mange klumper $Ca(OH)_2$ er nu omdannet til $CaCO_3$ og løser sig langsomt. De vil endnu flere aar fremover betinge en reaktion i disse ruter med pH > 7.0, og dette er vel for meget. I ethvert fald maa saa store kalkmængder fordeles meget finere og dypere — paa større jordmængde.

Hvitkløveren er det paa dette felt meget litet at se av. Den sterke græsvekst (og mulig for høie reaktion) har utvilsomt skadet den. Sandsynligvis er det her det høie græs som saa at si kvæler hvitkløveren, idet den faar for litet lys.

2. Feltet paa Hove i Selje.

Feltet (Hove I) ligger i svak østvendt helding, og marken maa nærmest betegnes som svakt heldende myr.

Markvegetationen utenfor feltet er den sumpige lyngmarks: *Calluna, Vaccinium uliginosum, Carex* sp., *Narthecium ossifragum.* Efter meddelelse av landbrukskandidat S. Røyset har vi et typisk podsolprofil i begyndende utvikling med følgende lag:

A_1 — 16 cm. sort sterkt sandholdig torvjord.
A_2 — 4 » bleksand (ikke helt hvit).
B — 10 » svakt brunt anrikningslag (ikke sterkt farvet).

Efter mine egne notater, som kun angaar de øverste 13 cm. (A_1), er der øverst 1—3 cm. noget løs, brun torvjord, derunder 4—7 cm. noget fastere mørkere torvjord og underst 5—6 cm. tæt, sort torv; alle lag indeholdt meget sand. Sandtilblandingen skyldes sikkert sandflugt fra den nærliggende Seljesanden.

De enkelte ruter er av temmelig ujevn kvalitet, tildels som følge av varierende sandtilblanding, men først og fremst fordi grøftene har gjort sig temmelig sterkt gjældende paa feltet. Avlingstallene, hvorav feltbestyreren, S. Røyset, har meddelt mig de foreløbige værdier, svinger derfor sterkt, men synes i ethvert fald i 2. aar (1931) at vise ganske sterke utslag for kalkning. Særlig er merutbyttet for største kalkmængde paatagelig i forhold til ingen kalktilførsel, mens forskjellen mellem mindste og mellemste kalkmængde er uvæsentlig (se s. 43).

Jordtypens indhold av aske og glødetap er for jord utenfor feltet i gjennemsnit for de øverste 15 cm. følgende: vandindhold 69.7 %, glødetap 20.3 %, aske 10.0 %. Vi har altsaa for os en meget askerik torvjord med forholdet $\frac{G}{A} = 2.02$.

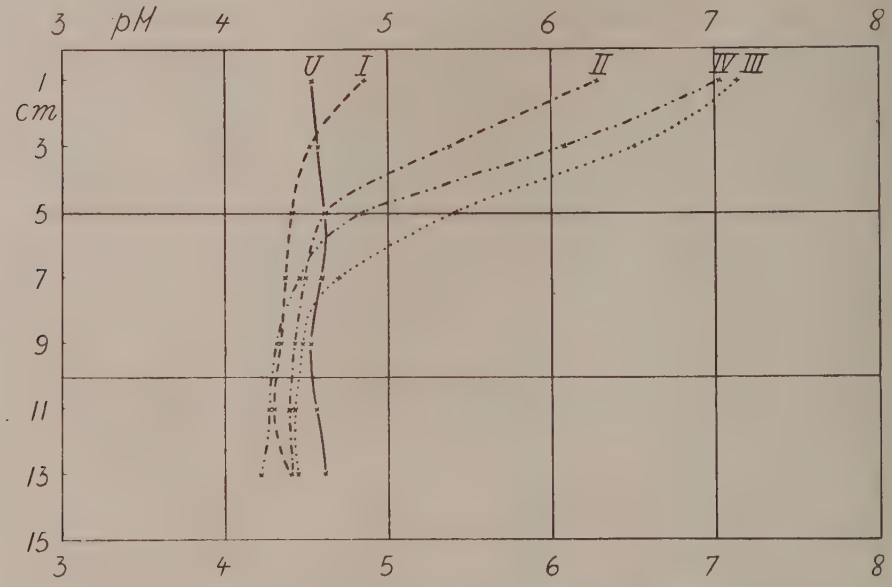


Fig. 8. Forsøksfelt paa Hove I i Selje. Anlagt 1929, maalt juli 1931. Se forøvrig forklaring til fig. 7. (Siehe Erklärung zu Fig. 7.)

Holder man sig til litt dypere lag — fra 5—15 cm. — synes $\frac{G}{A}$ i gjennemsnitt for hele feltet at være betydelig lavere, nemlig ca. 1.0; men disse lag kommer jo ikke med i betragtning ved kalkvirkningen, som fortrinsvis er en overflatevirkning. Variationene i $\frac{G}{A}$ for disse øvre lag er det selvsagt nu umulig at fastslaa, da den sandjord som ved grøftningen er bragt op, sammen med kalkningen helt har ændret forholdet. Og med det variable $\frac{G}{A}$ forhold ændres ogsaa straks kalkningens virkning maalt med pH, slik at resultatet blir ujevnt.

Prøvene er tat juli 1931. Kurvene i fig. 8 og tab. nr. 10 viser at den udyrkede marks pH ligger ved 4.5—4.6 helt fra overflaten og ned til 13 cm. De ukalkede, men gjødslede ruter (I) viser ingen væsentlig forandring.

Allerede mindste kalkmængde (150 kg. CaO) har paa II-rutene bragt reaktionen op i 6.28, og de større kalkmængder gir paa III- og IV-rutene en overflatereaktion over 7 (pH = 7.02—7.12). Hittil er virkningen av mindste kalkmængde en utpræget overflatevirkning, som er helt borte allerede i 5 cm.'s dybde, mens de større kalkmængder i 3 cm.'s dybde viser betydelig reaktionsændringer og selv i 5 cm.'s dybde er det virkning at spore. Det er at forutse at kalkvirkningen i denne temmelig askerike jord med aarene vil strække sig endnu noget dypere. Det tilførte kalkstensmel er paa rutene med 450 kg. CaO ikke helt opløst og vil her holde overflatereaktionen over pH = 7 endnu flere aar fremover.

Tab. 10. P_H-snit i Hovefeltet.

Dybde cm	Rute				
	U	I	II	III	IV
1	4.53	4.84	6.28	7.12	7.02
3	4.57	4.52	5.39	6.50	6.07
5	4.61	4.41	4.62	5.41	4.84
7	4.59	4.37	4.49	4.70	4.46
9	4.52	4.34	4.43	4.47	4.33
11	4.56	4.30	4.39	4.41	4.28
13	4.61	4.40	4.41	4.42	4.22

Med hensyn til kløverens utvikling viser dette felt klare og interessante resultater. Bedømmes kløvermængden paa rutene skjønsmæssig efter skala ×—×××, faar man (sommeren 1932) følgende resultater:

Rute nr.	Række			
	A	B	C	D
I	0—×	×	0	×
II	××	×	×—××	××
III	×—××	××	×—××	××
IV	×—××	××	×—××	××
V	×××	×××	××	×××
VI	×××	×××	×××	×××

Der er altsaa en sikker kalkvirkning til fordel for kløverens utvikling. Kløveren er i I-rutene enten helt borte eller meget spredt utviklet, mens de kalkede ruter (II—III—IV) alle viser jevnt godt med kløver. Nogen væsentlig forskjel med stigende kalkmængde er der ikke. Dette er jo heller ikke at vente, idet den av mindste kalkmængde bevirkede overflate-pH = 6.28 er tilstrækkelig for hvitkløver. Det mest paafaldende er imidlertid den rike utvikling av kløver paa rutene V—VI, som i de to sidste aar ikke har faat N-gjødning. Her er kløveren overalt meget fint utviklet. Det er endnu for tidlig at avgjøre om aarsaken her er mindre græsvekst, eller om den er den at hvitkløveren utvikler sig (og sine rotknoller) bedre naar der ikke gis N-gjødning. Efter de foreløbige avlingstal synes den første av disse forklaringer ikke at kunne passe.

For det samlede utbytte (græs + kløver) er der en sikker positiv kalkvirkning, idet utbyttetallene i kg. pr. rute for 1930—1932 er 76.2—119.4—118.4—127.5

som gjennemsnit for rutene I—II—III—IV. Mindste og mellemste kalkmængde har altsaa omtrent samme virkning, mens største kalkmængde igjen bringer øket høsteutbytte. Forholdet mellem de 3 kalkmængder vil antagelig ændres i de følgende aar, men en betydelig gevinst har i ethvert fald kalkning git her paa dette felt med dets oprindelige pH = ca. 4.5.

3. Feltet hos Kr. Sandnes, Eidsaa i Syvde.

Dette felt har jeg ikke selv besøkt, og opgaver om beliggenhet og markforhold mangler. Prøven fra ubehandlet mark utenfor feltet viser øverst 6 cm. sandholdig torv og derunder 4 cm. sterkt sandholdig jord. Forholdet mellem glødetap og aske $\frac{G}{A}$ synker derfor sterkt for hver 2 cm. stigende dybde. Det er i de øverste 2 cm. ca. 1.7, i 5 cm.'s dybde 0.65 og i 9 cm.'s dybde 0.44. De øverste 10 cm. tat underett gir følgende tal: vandindhold 60.0 %, glødetap 15.95 % og aske 24.05 %. $\frac{G}{A}$ blir altsaa underett 0.66.

Prøvene er tat i januar 1932. Som fig. 9 og tab. nr. 11 viser ligger den urørte marks pH fra overflaten ned til 11 cm. mellem 4.6 og 4.4. Rutene I uten kalkning ligger i overflaten bare 0.4 pH-enheter høiere og i dybden endnu mindre. Denne lille forskjel skyldes vel mest uensartethet i feltet. De kalkede ruter II—III—IV har i overflatelaget alle naadd pH-værdier mellem 6 og 7. Den laveste kalkmængde har hat litt mindre virkning end de to andre, men forskjellen er ikke stor. Dybdevirkningen er her litt større end vanlig, men der er dog en synken av pH med en hel enhet fra 1 cm.'s til 3 cm.'s dybde, og i 5 cm.'s dybde ligger kurvene bare gjennemsnitlig 0.5 enheter høiere end de ukalkede prøver. I det øverste lag er der i et par av de sterkest kalkede ruter endnu hist og her uopløst kalk tilbake. Det er sandsynlig at kalken her i denne sterkt sandholdige torvjord i kommende aar ogsaa vil vise nogen virkning ned mot 10 cm.

Tab. 11. P_H-snit i feltet hos Kr. Sandnes, Eidsaa.

Dybde cm	Rute				
	U	I	II	III	IV
1	4.59	4.99	6.44	6.77	6.76
3	4.37	4.72	5.44	5.86	5.80
5	4.37	4.65	4.92	5.15	5.32
7	4.36	4.62	4.74	4.86	4.99
9	4.38	4.63	4.67	4.74	4.90

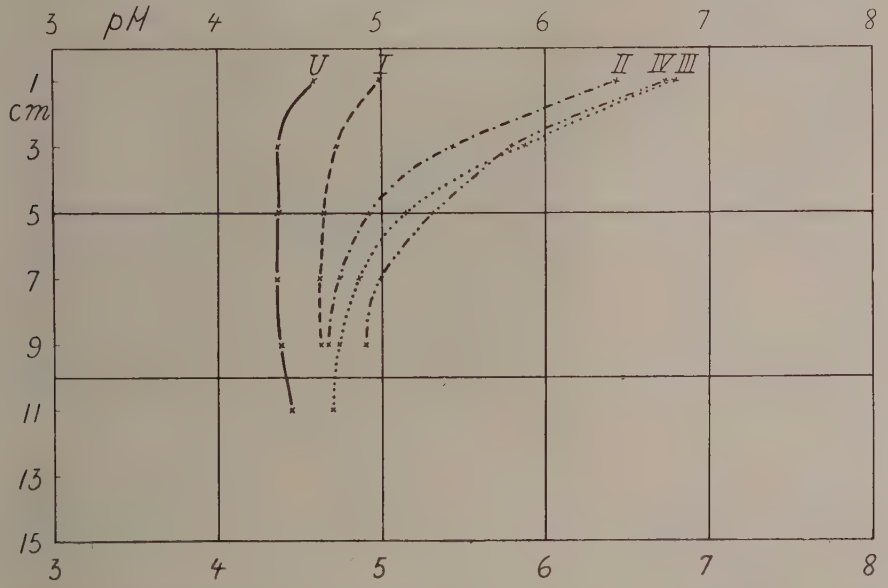


Fig. 9. Forsøksfelt hos J. Sandnes, Eidsaa. Anlagt 1929, maalt januar 1932. Se forøvrig forklaring til fig. 7. (Siehe Erklärung zu Fig. 7.)

4. Feltet hos O. Tandstad, Ekornnes, Sykkylven.

Opgaver om feltets beliggenhet og markvegetation mangler. Efter de indsendte prøver at dømme maa ogsaa denne jordtype være sterkt sandholdig torvjord som nedtil gaar over i torvholdig sandjord. Analysene av prøvene tat utenfor feltet er ufuldkomne, men holder vi os til prøvene fra de to ukalkede ruter A—I og C—I, ser vi at sandindholdet (askeprocenten) stiger sterkt ved ca. 5 cm.'s dybde. Denne pludselig ændring har imidlertid liten indflydelse paa reaktionen, som ikke varierer væsentlig mellem overflaten og 10 cm.'s dybde. I A—I finder vi for de øverste 4 cm. følgende: vandindhold 70.71 %, glødetap 23.61 % og aske 5.68 %, $\frac{G}{A} = 4.15$. I dybde 6 — 10 cm. er derimot vandindhold 39.76 %, glødetap 8.87 % og aske 51.37 %, $\frac{G}{A} = 0.17$. Ikke saa sterk er forandringen i C—I, som i det hele mere synes at repræsentere gjennemsnittet for feltet. Her er i øvre 4 cm.: vandindhold 64.88 %, glødetap 19.26 % og aske 15.86 %, $\frac{G}{A} = 1.22$. I dybde 6 — 10 cm. finder vi: vandindhold 38.51 %, glødetap 9.65 % og aske 51.84 % og $\frac{G}{A} = 0.18$. De dypere lag er altsaa temmelig like, men A—I har i overflaten relativt meget mindre aske end C—I. Forholdet har liten indflydelse paa pH, som i A—I er 4.73 og 4.87, i C—I 4.78 og 4.65 i de nævnte dybder.

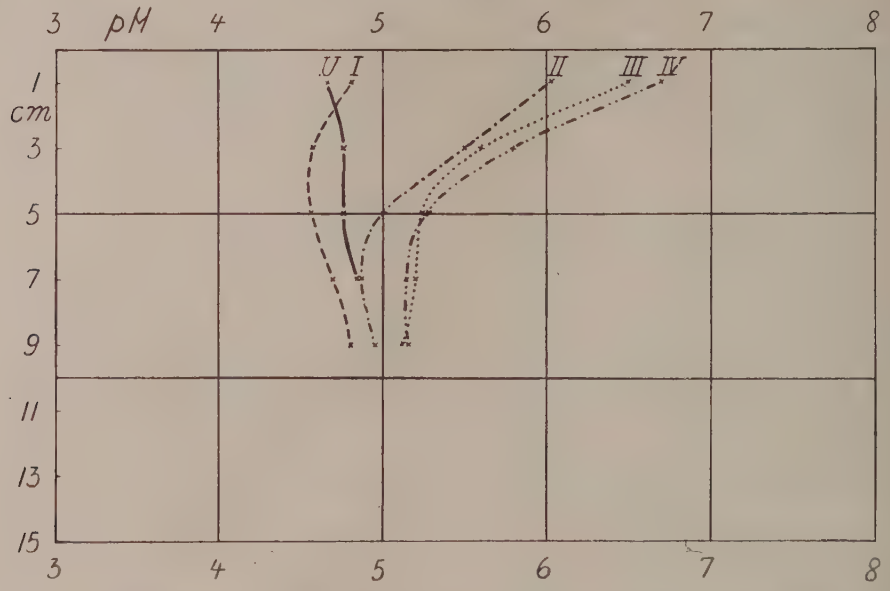


Fig. 10. Forsøksfelt hos O. Tandstad, Ekornnes, Sykkelven. Feltet anlagt 1929, maalt oktober 1931. Se forøvrig forklaring til fig. 7. (Siehe Erklärung zu Fig. 7.)

Tab. 12. P_H-snit i feltet hos O. Tandstad, Ekornnes.

Dybde cm	Rute				
	U	I	II	III	IV
1	4.67	4.81	6.03	6.50	6.70
3	4.77	4.58	5.50	5.60	5.80
5	4.77	4.57	5.00	5.24	5.26
7	4.85	4.70	4.87	5.20	5.15
9	—	4.81	4.96	5.13	5.16

Prøvene er tat november 1931. Fig. 10 og tab. nr. 12 viser os at reaktionen i den ubehandlede jord ligger mellem 4.67 i overflaten og 4.85 i 7 cm.'s dybde. De ukalkede ruter I har praktisk talt samme pH-værdier. Den mindste kalkmængde har paa rutene II bragt overflatereaktionen op i pH = 6.03 og de større kalkmængder op i pH = 6.50 (rute III) og 6.70 (rute IV).

Ogsaa denne prove viser litt større dybdevirkning end de rene torvprøver, idet pH i 3 cm.'s dybde er hævet fra værdien 4.77 til værdien 5.50, 5.60 og 5.80 i rutene II—III—IV. Det er imidlertid fremdeles bare overflatevirkning, idet reaktionen

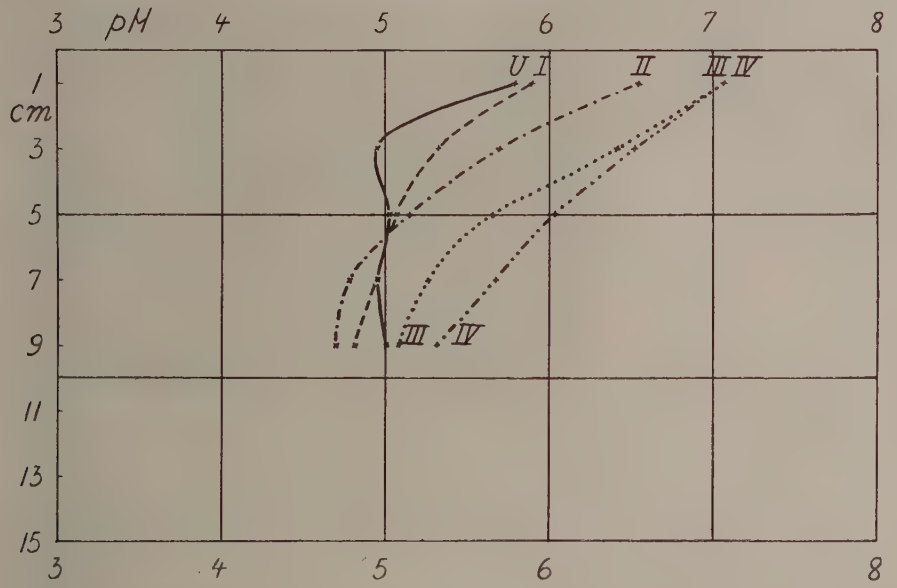


Fig. 11. Forsøksfelt hos John Rødal, Spjelkavik, Borgund. Anlagt 1929, maalt november 1931. Se forørig forklaring til fig. 7. (Siehe Erklärung zu Fig. 7.)

i 5 cm.'s dybde ligger mellem 5.0 og 5.26, og ændringen saaledes her ikke er meget stor. Overensstemmende med denne jords større sandindhold vil ogsaa her reaktionen i løpet av de nærmeste aar antagelig naa noget mere i dybden.

5. Feltet hos John Rødal, Spjelkavik i Borgund.

Opgave over feltets beliggenhet og markforhold mangler. Prøvene er tat november 1931. Fig 11 og tab. nr. 13 viser resultatet.

Vi kommer her til en jordtype der danner en fortsat overgang fra torvjord og sandholdig torvjord, som de foregaaende, til den næste prøve, som er muldrik — muldfattig sandjord. Jorden fra dette felt maa efter de prøver som er tat utenfor feltet, karakteriseres som en god, graa, sandholdig muldjordtype, med høit muldindhold i de øverste lag. De øverste 4 cm. viser følgende: vandindhold 49.41 %, glødetap 15.76 %, aske 34.83 %, $\frac{G}{A} = 0.45$. Laget fra 6 — 10 cm. gir: vandindhold 24.29 %, glødetap 7.06 %, aske 68.65 %, $\frac{G}{A} = 0.12$.

Den ubehandlede jord har i overflatelaget en temmelig høi pH, nemlig 5.80, en værdi som imidlertid bare 2 cm. dypere synker ned til 5.0 og holder sig omkring denne værdi helt til 10 cm.'s dybde. De ukalkede ruter avviker ikke meget fra disse værdier.

De kalkede ruter naar her med mindste kalkmængde op i en overflate-pH av 6.55 og med de to større mængder op til pH = 7.06 og 7.07. For den mindste kalkmængde viser kurve II en betydelig virkning i 3 cm.'s dybde, men allerede i 5 cm. er virkningen 0. De to større kalkmængder virker imidlertid sterkere. De har git en betydelig reaktionsændring i 5 cm.'s dybde, og ogsaa i 7 cm.'s dybde er virkningen sikker. Først i 9 cm.'s dybde har mellemste kalkmængde ingen og den største kalkmængde bare en svak virkning.

Tab. 13. P_H-snit i J. Rødals felt, Spjelkavik.

Dybde cm	Rute				
	U	I	II	III	IV
1	5.80	5.90	6.55	7.07	7.06
3	4.95	5.32	5.69	6.41	6.52
5	5.02	5.07	5.15	5.65	6.03
7	4.95	4.95	4.78	5.26	5.67
9	5.00	4.82	4.70	5.08	5.31

Vi har altsaa her en prøve som paa grund av den gode kvalitet, forholdsvis basemættet muldjord, ikke formaar at adsorbere al kalk i de øvre 4 cm.'s lag, men slipper betydelige mængder ned til 7 cm. og endog noget ned til 9 cm.

Høstetallene, som ikke har været tilgjængelige for mig, vil vise hvorvidt kalkning lønner sig paa denne jordtype. Det er vel at forutse at man her for overflatekultur (beite) kan nøie sig med den mindste kalkmængde, 150 kg. CaO pr. dekar (rute II), idet denne utvilsomt har git tilstrækkelig høi reaktion, og at de høiere værdier i rutene (III—IV) sikkert kan føre til overkalkning for de vekster som her kommer i betragtning.

6. Feltet paa Tveit, Nordgulen.

Med dette felt kommer vi til det sidste led i denne række, som fører fra den askefattige myrjord (Dommersnes), over mere eller mindre sandholdige torvjorder (Hove I, Eidsaa), sandholdig muldjord (Spjelkavik) til muldholdig sandjord (Tveit).

Feltet ligger i noget brat bakke i lyngmark. Jorden er i øverste 3—5 cm.'s lag sort — graasort muldholdig sandjord, derunder 5—7 cm. muldfattig sandjord eller ren sandjord.

Jordens store mineralindhold vil tydelig fremgaa av følgende tabel.

De i oktober 1931 indsamlede prøver viste i øvre 4 cm. følgende værdier:

	Rute		
	U	A—I	C—I
	%	%	%
Vandindhold	61.35	37.85	36.16
Glødetap	14.69	11.15	11.63
Aske	23.96	51.00	52.21
$\frac{G}{A}$	0.61	0.22	0.22

og i laget 6—10 cm.s dybde:

	Rute		
	U	A—I	C—I
	%	%	%
Vandindhold	45.54	52.08	41.09
Glødetap	7.53	11.92	10.10
Aske	46.93	35.99	48.80
$\frac{G}{A}$	0.16	0.33	0.21

Utenfor feltet er jorden, som kurven U i fig. 12 viser, temmelig sur med pH fra 4.31 i overflaten ned til 4.62 i sandjorden i 9 cm.'s dybde. De ukalkede ruter (I) viser i overflaten en betydelig reaktionsændring med pH 5.10, altsaa næsten 0.8 enhet mere end ubehandlet mark. Da den ubehandlede marks reaktion er kontrolleret med samme resultat ogsaa i 1932, og overensstemmelsen for A—I og C—I ogsaa er god, maa denne stigning i pH tilskrives særlige aarsaker. Der er gjødslet hvert aar med Norgessalpeter og derved er i 3 aar tilført ca. 23 kg. CaO pr. dekar, en mængde som paa denne jordtype vil kunne hæve reaktionen noget, men ikke saa meget som kurven for rute I viser. Da denne kurve ogsaa i dybden ligger høiere end U-kurven er det sandsynlig at jorden i rute I oprindelig har en høiere pH end i U, kanske op mot pH = 4.8 i overflaten og stigningen fra denne værdi til pH = 5.10 i I kan saa bero paa salpetergjødslingens kalkindhold.

De kalkede ruter gir høie reaktioner, men det er paafaldende at de to laveste kalkmængder (II—III) ikke har bragt overflatens reaktion høiere end pH = 6.01—6.14. Dette beror sikkert paa nedvaskning av kalken. Kurvene viser at vi her ikke har med overflatevirkning at gjøre, men med en meget sterk dybdevirkning. Det relativt lave indhold av organisk substans (humus) formaar ikke at fastholde kalken i de øvre lag, den vaskes nedover, og for den midlere kalkmængde (III) er

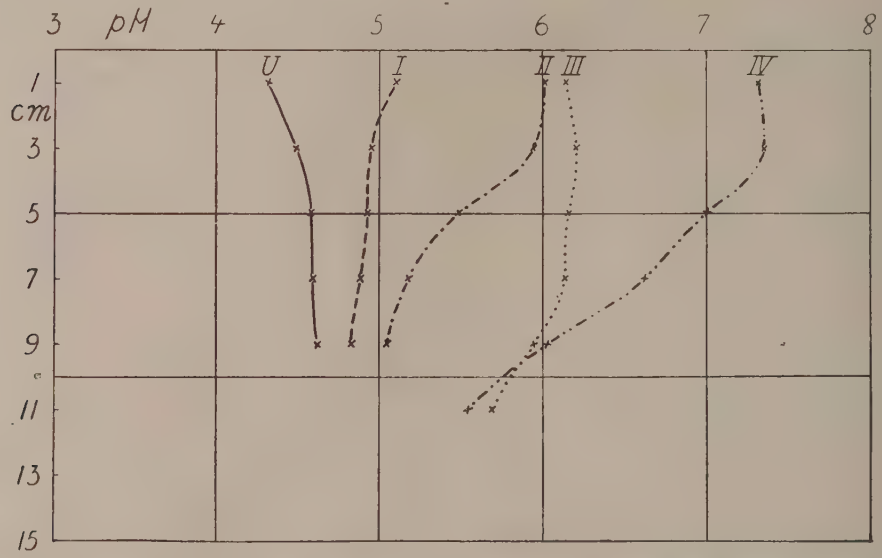


Fig. 12. Felt paa Tveit, Nordgulen i Eivindvik. Anlagt 1929, maalt oktober 1931. Se forøvrig forklaring til fig. 7. (Siehe Erklärung zu Fig. 7.)

reaktionen hævet helt til overflatens reaktion, selv i 7 cm.'s dybde. Selvfølgelig har overflatereaktionen ogsaa i rutene II—III like efter kalkningen ligget oppe i pH = 6.5—7.0, men nedvaskningen har ført en saa stor procent av kalken nedover at pH er sunket ned mot ca. 6. I rute IV derimot, med den største kalkmængde, er der trods like sterk nedvaskning endnu saa meget kalk igjen i øverste lag at reaktionen ligger oppe ved pH = 7.3 baade i overflatelaget og i 3 cm.'s dybde. Selv i 5 cm.'s dybde er her blit en pH = 7.0, og først nede i 9 cm. er kalkvirkningen her den samme som i III-rutene. Der maa efter reaktionen at dømme i rute IV sikkert være igjen uopløst kalk ($CaCO_3$) i de øvre lag.

Tab. 14. P_H-snit paa feltet Tveit i Gulen.

Dybde cm	Rute				
	U	I	II	III	IV
1	4.31	5.10	6.01	6.14	7.32
3	4.48	4.94	5.94	6.20	7.35
5	4.58	4.92	5.48	6.16	7.00
7	4.59	4.87	5.17	6.13	6.62
9	4.62	4.82	5.04	5.94	6.02
11	—	—	—	5.68	5.53

Vi har her i denne jord en sterk dybdevirkning av kalken. Den beror derpaa at jorden med sit relativt lave indhold av organisk stof ikke adsorberer og fastholder kalken saa sterkt i de øvre lag som vi ellers har set i de tidligere behandlede jordprøver. Den transporteres hurtigere nedover, og den vil sikkert snart vaskes helt ut av de øvre lag og bli borte i de øverste 10 cm. jordlag. Vi kommer da over til det billede som vi i fig. 6 har av det gamle felt, like i nærheten paa samme mark. Dette blev for 8 aar siden kalket med 250 kg. CaO, altsaa litt mindre end rute III, og hele denne mængde er nu forsvundet, og kurvene løper, som vi saa, i en klynge. Tilstanden paa det nye felt nu — fig. 12 — er første trin av den utvikling som i løpet av nogen aar fører til fig. 6.

Man kunde tro at kalkning kanske ikke vilde gi noget stort resultat paa saa sandholdig jord som denne. Naar den allikevel gjør dette, beror det paa at reaktionen paa ubehandlet mark er sterkt sur, pH = 4.31, og de øverste lag som plantene lever i desuten indeholder betydelige mængder organisk substans, d. e. støtputer. Hos feltbestyreren, fylkesagronom H. T v e i t, har jeg hat anledning til at se høsteresultatene for 1930 og 1931 (anlægsaar er 1929), og de viser en meget sterk kalkvirkning. Ruteutbyttet er i sum disse to aar for rute I (uten kalk) 26.8 kg. for rute II (150 kg. CaO) 52.7 kg., for rute III (300 kg. CaO) 60.6 kg., og for rute IV (450 kg. CaO pr. dekar) 71.7 kg. høi i gjennemsnit av alle 4 paraleller. Denne kolossale kalkvirkning er mest fremtrædende i aaret 1930, idet avlingen da i ukalkede ruter endnu er liten i forhold til den store avling i de kalkede ruter. Ogsaa i 1931 og i 1. slaat 1932 er der imidlertid et stort positiv utslag, og fortsætter dette endnu nogen aar, vil feltet sikkert vise rekord av god kalkvirkning.

Dermed har vi faat en oversigt over denne type av kalkningsfelter i dens forskjellige former fra myrjord til muldholdig sandjord.

C. Forskjellige andre felter.

De i de to foregaaende avsnit behandlede felter er anlagt fra 3—8 aar før reaktionsundersøkelser er utført. Det resultat som disse gir, sier derfor bare hvordan tilstanden er i feltene efter forløpet av denne aarrække og intet om kalkningens og bearbeidningens reaktionsændrende virkninger umiddelbart ved feltets istandbringelse, m. a. ord intet om den reaktion som bydes plantene ved frøets saaning og i det første aar.

For at faa en oversigt over disse forhold skal her medtas analyser for nogen nyanlagte felter som viser feltenes reaktionsbetingelser ved starten.

1. Djupedalsfelt nr. III.

Feltet er anlagt i Djupedalen ved Selje for de midler som er bevilget mig av »A/S Norsk Varekrigsforsikrings fond«.

Da de orienterende undersøkelser paa en række felter hadde vist at kalk-

virkningen bare holdt sig i de øvre lag, og at den sterkt sure jord trængte tid til omdannelse, blev paa dette og andre felter kalkning og bearbeidning utført om høsten aaret før tilsaaningen.

Djupedalsfelt III ligger paa lyngmark, og det paa en av de værste typer lyngmark som overhodet kan forekomme. Der er nemlig øverst et 8—15 cm. tykt, tæt, tørt, helt uformuldet lag torv, »Trockentorf«, som det er omtrent umulig at faa smuldret med harv og bragt i formuldning, og som ikke kan gi grobund for nogen vegetation. Dette torvlag maatte her som ellers fjernes ved flaahakking og bringes ut av feltet. Først efter at dette lag var fjernet kunde den mekaniske bearbeidning ta fat i form av harvning. I det lag som laa under det ved flaahakking bortskaffede, blev som middel av flere bestemmelser fundet: vandindhold 85.56 %, glødetap 13.30 % og aske 1.14 %, $\frac{G}{A} = 11.6$. Paa dette felt blev utført krydsharvning med ialt 6 harvdrag, som var nok til at faa dannet et 8—10 cm. dypt løst jordlag. Efter bearbeidningen blev kalken paaført som kalkstensmel (Risneskalk) den 12. december 1930 og nedmuldet med rive i det løse jordlag. En nærmere redegjørelse for forsøksplanen har ingen interesse i denne forbindelse. Her skal kun nævnes at der blev kalket med 75 kg. (rute II), 150 kg. (rute IV) og 300 kg. (rute VI) CaO, alt pr. dekar.

Prøver av feltet blev uttat efter 4½ maaned den 29. april 1931, og reaktionsbestemmelse utført. Resultatene av disse sees i fig. 13 og tab. 15. Her viser kurve U, som er fra ukalket jord utenfor dette felt[1]), at vi har at gjøre med en meget sur jord, hvis pH ligger mellem 3.54 og 3.44 i de forskjellige nivaaer fra 0—10 cm. Kalkmængde 75 kg. CaO (kurve II) har git en overflate-pH = 5.12, en værdi som maa ansees for at være for lav, og denne kalkmængde er altsaa ikke tilstrækkelig paa denne sterkt sure jord. De to andre kalkmængder (rute IV—VI) har git overflate-pH = 7.02 og 7.06. Naar der her ikke er nogen forskjel paa den reaktion som er frembragt med disse ulike store kalkmængder, maa dette bero paa at begge kalkmængder har ført til den likevektsreaktion som er fixeret ved at der i begge endnu er uopløst kalkstensmel tilstede. Vi kommer i senere avsnit tilbake til dette.

Dybdevirkningen av disse relativt store kalkmængder er imidlertid meget liten, og selv bare i 3 cm.'s dybde er pH-værdiene mellem 3.74 og 4.04. I 5 cm.'s dybde er der overhodet ingen kalkvirkning.

Undersøkelser av de 3 prøver viser nu at der ved titreringen i april bare er ca. 2—3 cm. løs jord øverst i jordprøven. Det 8—10 cm. løse jordlag efter harvningen i december er altsaa utvilsomt i vinterens løp sunket sterkt sammen og representeres nu av et lag som bare er 2—3 cm. tykt. De under denne dybde liggende lag er urørt av harven. Paa rutene med de 2 største kalkmængder er disse øverste 2 cm. jordlag allerede i god formuldning, er blit skjør og sort jord, mens mindste kalkmængde (II) ikke har hat nogen væsentlig virkning. Tiltrods for at

[1]) Prøven er av ukalket rute B—I i nabofeltet Djupedalen II.

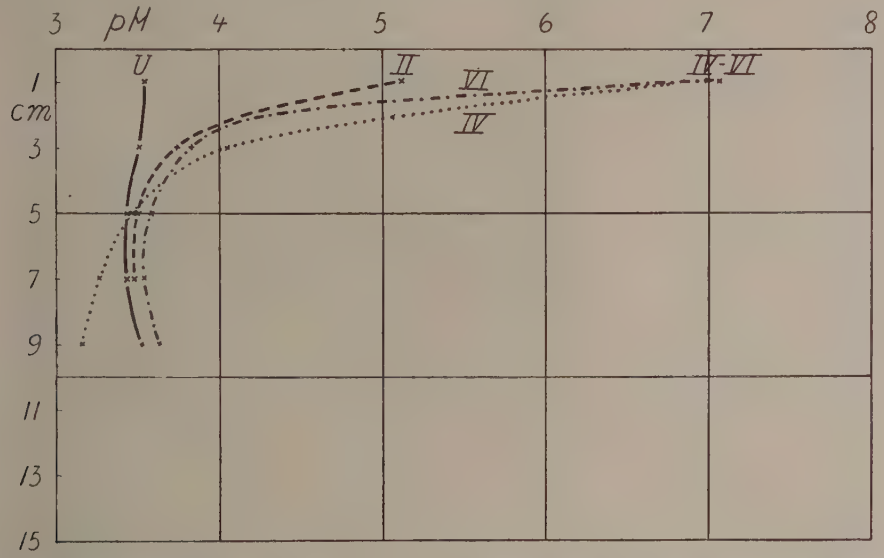


Fig. 13. Forsøksfelt Djupedalen III, Selje. PH-snit som viser den overfladiske virkning av stigende kalkmængder. Kalket 12. desember 1930, maalt 29. april 1932. U = ubehandlet jord utenfor feltet. II. = 75 kg CaO, IV. 150 kg CaO og VI. 300 kg CaO pr. dekar.

(PH-Schnitt, die oberflächliche Wirkung steigender Kalkgaben zeigend. Gekalkt 12. Dez. 1931, pH-Messung 29. April 1932. U = unbehandelter Boden ausserhalb des Versuchsfeldes. II. 75 kg CaO, IV. 150 kg CaO und VI. 300 kg CaO pr. Dekar.)

kalken altsaa her neppe er mekanisk indblandet dypere end til 2—3 cm., slik som feltet er i april, er det allikevel overraskende at kalkvirkningen ikke strækker sig dypere efter 4½ maaned med tilsammen flere hundrede mm.'s nedbør. Kalken er sikkert løst i rikelig mængde, og naar den ikke er naadd dypere, skyldes det en saa sterk adsorbtion av Ca-ionene (utbytning mot H-ioner), at det ikke blir noget tilovers til dybdetransport.

2. Djupedalsfelt nr. II.

Helt lignende forhold viser dette felt, som ligger like ved det foregaaende. De øverste 10 cm. i ruten uten kalk (B—1) viser vandindhold 80.8 %, glødetap 18.1 %, aske 1.81 % og $\frac{G}{A} = 10.0$. Feltet er for de ruters vedkommende som her skal tas med bearbeidet og kalket vaaren (mai) 1930 og tilsaadd. Forsøksplanen, som tar sigte paa at utrede bearbeidningens og luftningens betydning i forbindelse med kalkningen, er det her ikke nødvendig at gaa nærmere ind paa. De ruter som her skal nævnes, blev flaahakket, harvet og kalket som for foregaaende felt nævnt, og i dette tilfælde med 150 kg. (B—4) og 300 kg. (B—6) CaO pr. dekar som kalkstensmel. Resultatet sees i tab. 15 og fig. 14.

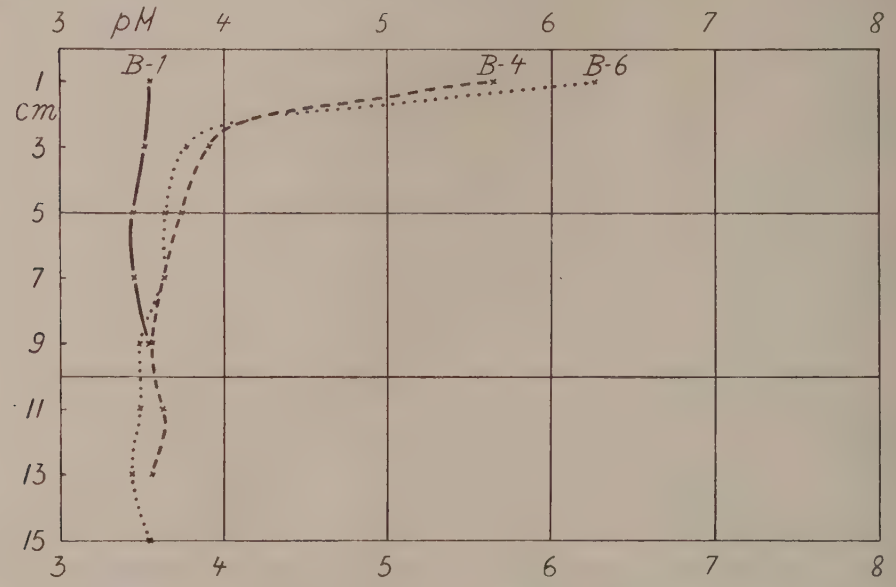


Fig. 14. Forsøksfelt Djupedalen II i Selje. P_H-snit som viser den overfladiske virkning av kalkning. Kalket mai 1930, maalt septbr. 1930 efter en tør sommer. B—1 = ukalket rute. B—4 = 150 kg CaO og B–6 = 300 kg CaO pr. dekar.

(PH-Schnitt, die oberflächliche Wirkung der Kalkung zeigend. Gekalkt Mai 1930, pH-Messung Septbr. 1930 nach einem trocknen Sommer. B–1 = ohne Kalk, B–4 = 150 kg CaO und B–6 = 300 kg CaO pr. Dekar.)

Kurven for den ukalkede rute B—1 i fig. 14[1]) viser jordens sure egenskaper. De to nævnte kalkmængder har, da prøvene blev tat (i september 1930), ca. 4 maaneder efter kalkningen bragt overflate-pH op i bare 5.66 og 6.26. Naar virkningen er mindre end i de tilsvarende forsøk paa forannævnte felt, hvor værdiene for samme kalkmængde i løpet av nogen vintermaaneder naadde op i ca. 7.0, skyldes dette den ekstremt tørre sommer 1930. I den tørre jord er kalken selvfølgelig i liten gad oplost og dens virkning er liten. Det skal her nævnes at en analyse det næste aar i juli 1931, altsaa efter rikelig høst- og vinterregn for begge kalkmængder viste overflate-pH = 6.90, eller værdier svarende til fig. 13.

3. Hovefelt nr. II.

Jorden er sterk sandholdig torv som efter prøven fra 28. april 1931 viser: vandindhold 52.57 %, glødetap 19.57 %, aske 27.85 %, $\frac{G}{A} = 0.7$. Det høie aske indhold skyldes sandflugt fra nærliggende Seljesand.

[1]) Svarer til U i fig. 13.

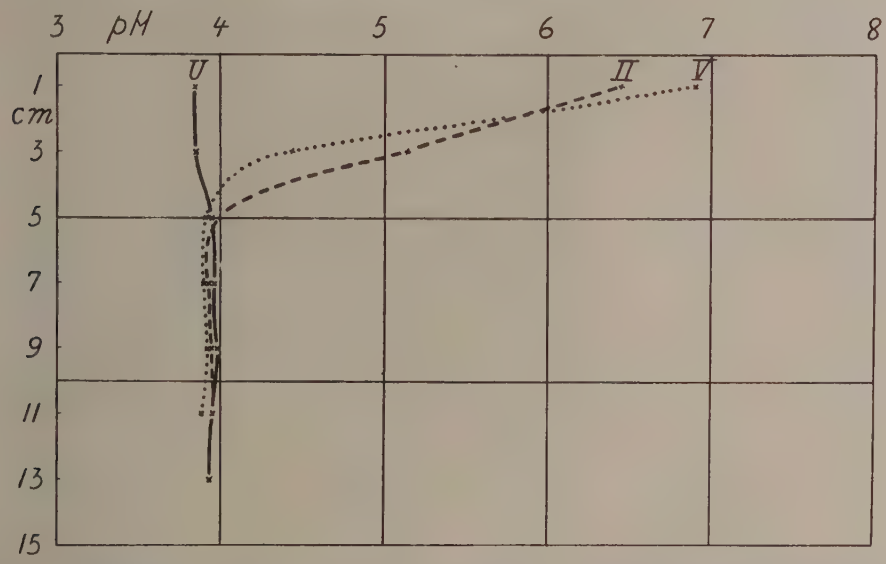


Fig. 15. Forsøksfelt Hove II i Selje. PH-snit som viser den overfladiske virkning av kalkningen. Kalket 28. novbr. 1930, maalt 28. april 1931. U = uten kalk. II. = 75 kg CaO og V. = 150 kg CaO pr. dekar.

(PH-Schnitt, die oberflächliche Wirkung der Kalkung zeigend. Gekalkt 28. Novbr. 1930, pH Messung 28. April 1931. U = ohne Kalk, II = 75 kg CaO und V = 150 kg CaO pr. Dekar.)

Dette felt er et kalkningsforsøk i forbindelse med smitning med naturgjødsel. Det svarer til Djupedalsfelt III, med undtagelse av at der kun er anvendt de to mindste kalkmængder 75 og 150 kg. CaO.

Harvningen blev utført efter flaahakking som kryssharvning med fjærharv, og jorden blev løsnet slik at der over hele feltet var et løst jordlag av ca. 6—8 cm. tykkelse. Kalken blev utbragt 28. november 1930.

Prøven blev uttat 28. april, altsaa efter 5 maaneder. Der blev skaaret ut store blokker, og disse blev delt op horisontalt i skiver à 2 cm.'s tykkelse. For hver skive blev saa bestemt aktuel pH- og desuten titreringskurver og dette saaledes gjennemført for hvert 2 cm. lag fra overflaten ned til 12 cm.'s dybde.

I fig. 15 sees av kurve U at jorden er sterkt sur med en pH svingende mellem 3.84 og 3.98 fra overflaten til 14 cm.'s dybde. De to kalkmængder 75 kg. CaO (kurve II) og 150 kg. (kurve V) pr. dekar har bragt overflate-pH op til henholdsvis 6.45 og 6.91. Dybdevirkningen er paa denne sandholdige torvjord en smule bedre end i Djupedalen, idet nivaaet 3 cm. har nogen pH-økning, mens virkninger i 5 cm.'s dybde er nul (se tab. 15).

Hvor overfladisk kalkvirkningen er, vil man se av fig. 16, som viser titreringskurver for de enkelte 2 cm. tykke lag fra 0—10 cm. (lag nr. 1—5 sva-

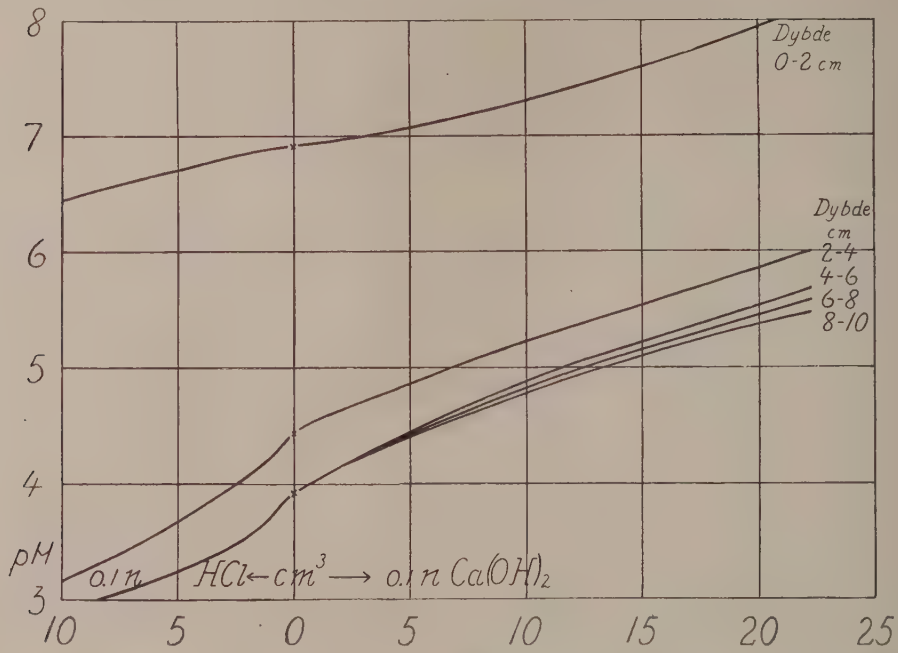


Fig. 16. Forsøksfelt Hove II, Selje. Titreringskurver for 2 cm tykke jordlag fra overflaten til 10 cm's dybde paa rute V med 150 kg CaO pr. dekar. Kun kurven for laget 0–2 cm viser kalkvirkning, de øvrige ikke.

)Titrierungskurven für 2 cm dicke Bodenschichten von der Oberfläche bis 10 cm Tiefe auf. Parzelle V mit 150 kg CaO pr. Dekar. Nur die Kurve für Schicht 0—2 cm zeigt Kalkwirkung.)

rende til gjennemsnitsdybdene 1—3—5—7—9 cm.) i rute V (150 kg. CaO). Som man ser, er det øverste lag helt neutraliseret og har paa grund av sit kalkindhold et meget sterkt støtputeforraad mot syretilsætning. Allerede lag nr. 2 (2—4 cm.'s dybde) har bare en aktuel pH = 4.43 og liten støtputeevne mot syretilsætning. Kurvens beliggenhet viser at dette lag har mottat smaa kalkmængder. De derpaa følgende lag, fra 4 cm. og nedover til 10 cm. har alle temmelig nær samme titreringskurver og representerer jord som er helt uten paavirkning av kalkningen.

Vi ser altsaa av resultatene fra dette felt og fra de to felter i Djupedalen (ovenfor nævnt) at dybdevirkningen selv av store kalkstensmelmængder paa disse jordarter er meget liten i det første halve aar. De reaktionsbetingelser som bys plantene, er gunstige bare i de 2 øverste cm. av jorden, og nede i 5 cm. har vi helt uforandret den gamle torv.

Kalkens virkning for vegetationen er her allikevel meget stor. Ved inspektion den 21. juli 1931, d. v. s. et par maaneder efter saaningen, var de ukalkede ruter her næsten helt sorte, paa grund av manglende eller sen spiring av frøet, mens de kalkede ruter lyste frisk grønne.

Tab. 15. P_H-snit for feltene Djupedalen III, Djupedalen II og Hove II.

Dybde cm	Rute			
Djupedalen III:	U	II	IV	VI
1	3.54	5.12	7.02	7.06
3	3.51	3.74	4.04	3.82
5	3.44	3.50	3.46	3.58
7	3.45	3.48	3.26	3.54
9	3.54	—	3.18	3.63
Djupedalen II:	B—1[1])	B—4	B—6	
1	3.54	5.66	6.26	
3	3.51	3.90	3.76	
5	3.44	3.74	3.64	
7	3.45	3.63	3.63	
9	3.54	3.56	3.49	
11	—	3.62	3.49	
13	—	3.56	3.44	
15	—	—	3.55	
Hove II:	U	II	V	
1	3.84	6.45	6.91	
3	3.86	5.14	4.43	
5	3.95	4.00	3.91	
7	3.96	3.93	3.90	
9	3.98	3.95	3.92	
11	3.96	3.95	3.88	
13	3.93	—	—	

Vi har altsaa her overflatekultur i den mest utprægede grad. Og det vil antagelig øke utbyttet paa feltene i ethvert fald de første 2 aar, om man ved en form for dypere mekanisk bearbeidning fik kalkstensmelet iblandet i et tykkere jordlag, altsaa med én gang ført ned ogsaa paa større dyp. Paa hvilken maate dette lar sig praktisk gjennemføre maa være gjenstand for forsøk. I de her nævnte 3 felter er der ved harvning før kalkningen skaffet et løst overflatelag paa 6—8 cm., og kalken er nedbragt i dette. Dette løse lag synker imidlertid hurtig sammen igjen, og det er vel identisk med de 2—3 cm. tykke øvre lag med kalkvirkning, som man finder ved de senere analyser. Forsøk maa vise om en sterkere og dypere harv-

[1]) B—1 = U i Djupedalen III.

ning, der før kalkningen f. eks. gir et 15—20 cm. tykt løst jordlag hvori kalken kan fordeles, vil føre til dypere kalkvirkning og dermed bedre græsvekst. Det maa imidlertid her merkes at dypere harvning kan avbryte vandtilførselen nedenfra for sterkt og saaledes i de relativt tørre vaarmaaneder virke skadelig, i ethvert fald paa sterkt torvagtig jord. Forholdet mellem den skadevirkning som herved opstaar, og den fordel man faar av kalkens dypere indblanding, maa utredes ved nye forsøk.

Alle de hittil behandlede felter er indgjærdede høstefelter, som ikke beites, og som derfor ligger der uten videre mekanisk bearbeidning.

Det er nærliggende at spørre om ikke denne helt overfladiske kalkvirkning i noget større grad kan bringes ned i dypere lag ved en sterkere form for mekanisk bearbeidning, enten før feltet anlægges eller i selve høstetiden. Bearbeidning ved selve anlægget av feltet er ovenfor kort berørt, og vi kommer senere tilbake til den. Bearbeidning under høstetiden kan vanskelig finde sted med felter som skal høstes 2 gange om aaret, og hvor avlingen skal nøie bestemmes. En meget enkel form for bearbeidning har man imidlertid ved traakket av dyrene paa de felter som ikke høstes, men beites. Og spørsmaalet er: vil dyrenes traakk øke omsætningsprocessene i de øvre lag og eventuelt bringe kalken litt dypere ned og dermed ændre reaktionen ogsaa i dypere lag.

Det materiale som her foreligger, er ikke stort, men der skal allikevel nævnes 3 felter som er typiske beitefelter: Feltet paa Seljeøya, feltet paa Loftheim og feltet paa Einen i Askvold.

4. Feltet paa Seljeøya i Selje.

Feltet ligger i meget vandsyk myr- og lyngmark, og jorden er utenfor feltet helt uformuldet myrjord. Landbrukskandidat S. Røyset som har forestaat feltets anlæg meddeler herom følgende: Feltet er 6 dekar netto, delt i 3 avdelinger I—II—III à 2 dekar. I februar 1929 blev det kalket med skjælsand efter 8 hl. pr. dekar. Da denne vare antagelig indeholdt ca. 35 % CaO, svarer kalkningen til ca. 300 kg. CaO pr. dekar. Efter kalkningen blev lyngen brændt. Alle parceller fik 1. aar ensartet gjødsel i form av 10,000 kg. tare fordelt paa hele feltet og fiskekompost efter 1200 kg. pr. dekar. I tillæg hertil blev brukt 5 kg. superfosfat og 5 kg. salpeter pr. dekar. Feltet blev tilsaadd 1929. I senere aar er der ogsaa gjødslet med tare- og fiskekompost, men i mindre mængder. Feltet er beitet.

Jordlaget i de øverste 12 cm. viste i prøven fra juli 1932: vandindhold 77.17 %, glødetap 20.83 % og askeindhold 2.0 %, $\frac{G}{A} = 10.4$. Prøven hadde ved undersøkelsen i laboratoriet mistet en del vand, og vandindholdet gik i marken antagelig op i ca. 80 %.

Som kurve U i fig. 17 viser, er der utenfor feltet en sterkt sur jord, hvis pH synker fra 4.00 i overflaten til 3.66 i 13 cm.'s dybde. En prøve som samtidig (sept. 1930) blev tat paa feltets midtre rute (II) gav en reaktionskurve som vist i

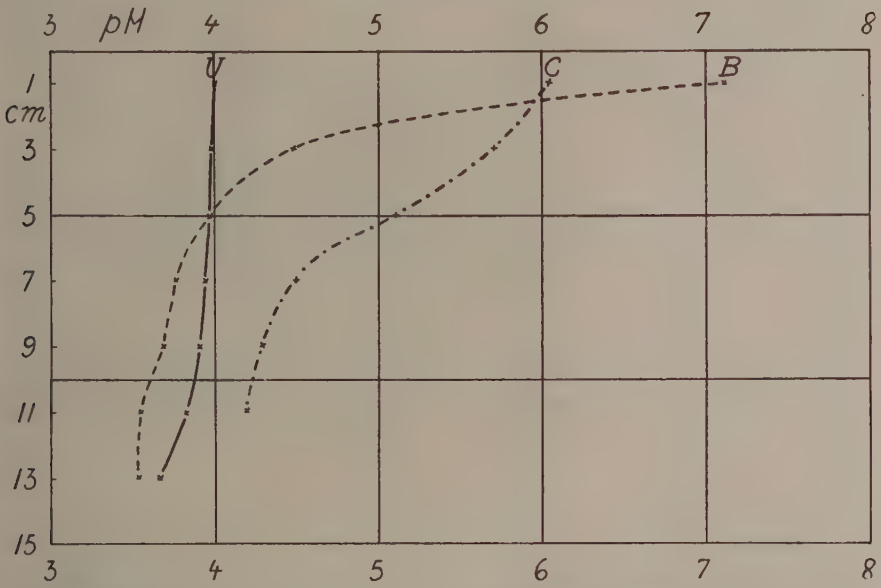


Fig. 17. Beitefelt paa Seljeøya, Selje. Feltet kalket med skjælsand febr. 1929. U = pH-snit for ubehandlet myrmark utenfor feltet septbr. 1930. B = pH-snit septbr. 1930 og C = pH-snit juli 1932, begge indenfor feltet.

(Gekalkt Febr. 1929 mit Muschelkalk = 300 kg CaO. U = pH-Schnitt für ungekalkten Boden ausserhalb des Versuchsfeldes. B = pH-Schnitt Septbr. 1930 und C = pH-Schnitt Juli 1932, beide in dem gekalkten Versuchsfelde.)

kurve B i fig. 17. Virkningen av skjælsanden er endnu i høi grad overfladisk med pH = 7.11 i overflatelaget og et fald helt til 4.48 i 3 cm.'s og til 3.98 i 5 cm.'s dybde, altsaa i denne dybde helt uforandret reaktion. 2 aar senere, 19. august 1932, er billedet betydelig ændret (kurve C). I overflatelaget er reaktionen blit surere og har nu bare en pH = 6.03. I 3 cm.'s dybde er imidlertid reaktionen hævet helt op til 5.69 og i 5 cm.'s dybde op til 5.10. Ogsaa i dypere lag er der en høiere pH end for 2 aar siden. Det kan neppe være tvil om at dyrenes traakk har bidradd til at bearbeide det øverste jordlag og slippe kalken videre nedover, og at vi derved og vel ogsaa ved dyrenes gjødsel har faat en bedring av reaktionen i de øverste 6 cm. jordlag. Reaktionen bør imidlertid nu ikke slippes videre nedover, men ved tilstrækkelig kalkning holdes over pH = 6.0. Feltet er for tiden for vandsykt, og det vil nu absolut være nødvendig at grøfte mere. Det er imidlertid overraskende at se hvad der kan utrettes paa slik mark med enkle og billige foranstaltninger som her, og den frodige utvikling som rød kløveren har er meget overraskende.

5. Feltet paa Loftheim i Askvold.

Feltet ligger paa vaat myrmark i svak helding. Vegetationen er: *Calluna vulgaris, Erica tetralix, Potentilla tormentilla, Trientalis europæa, Vaccinium*

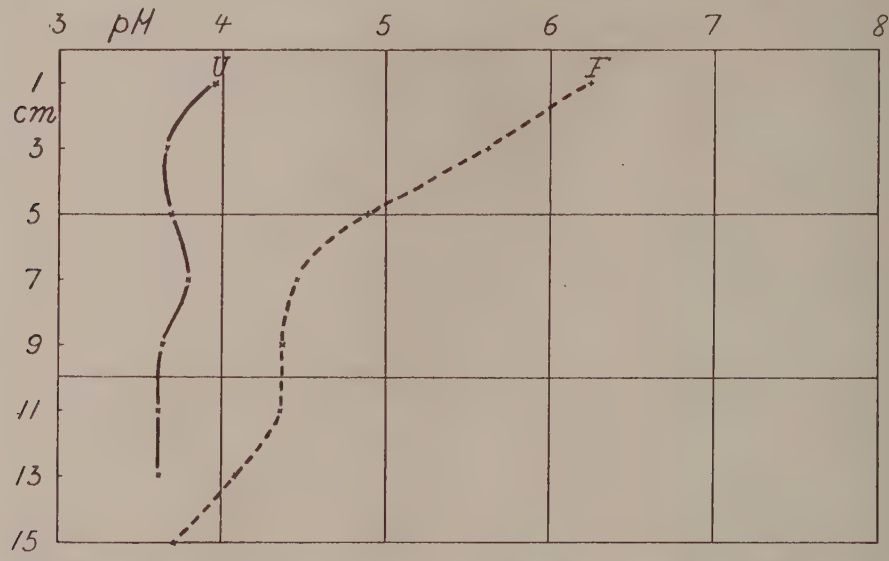


Fig. 18. Beitefelt paa Loftheim i Askvold. Kalket 1929, maalt juli 1931 og juli 1932. U = pH-snit for ubehandlet myrjord utenfor feltet og F for kalket jord indenfor feltet.

(Gekalkt 1929, pH-Messung Juli 1931 und Juli 1932. U = pH-Schnitt in unbehandeltem Moorboden ausserhalb des Versuchsfeldes und F in dem gekalkten Boden des Versuchsfeldes.)

vitis idæa, Carex og *Juncus* sp. samt rikelig *Sphagnum.* Feltet, som er et forsøksfelt bl. a. med forskjellig grøfteavstand og maaling av grundvandsnivaa, er anlagt 1929 og kalket efter 250 kg. CaO. Feltet er beitet fra 1930.

Prøve tat utenfor feltet (U) fra 0—15 cm.'s dybde viste: vandindhold 75.07 %, glødetap 23.6 %, aske 1.33 %, $\frac{G}{A} = 17.7$. Da prøven tørret litt ind før den kom til undersøkelse, er vandindholdet antagelig 3—4 % for lavt. En prøve tat inde paa feltet i 1931 fra 0—8 cm. viste: vandindhold 79.04 %, glødetap 19.29 % og aske 1.66 %, $\frac{G}{A} = 11.6$. I ethvert tilfælde har vi her en typisk myrjord med lavt askeindhold og høit $\frac{G}{A}$.

Som kurve U i fig. 18 viser, er der utenfor feltet en meget sur mark, hvis overflate-pH er 3.95, og som i de dypere lag har en pH mellem 3.62 og 3.80.

Der blev her tat prøver baade 1931 og 1932. Kurven F i fig. 18 viser et middel av disse prøver, tat paa feltets forskjellige avdelinger og de fleste i 1932. Som man ser ligger her reaktionsforholdene forholdsvis gunstig an. Overflatelagets pH er 6.24 (forøvrig som gjennemsnit av prøver som laa spredt mellem 6 og 7 og en enkelt under 6). I 3 cm.'s dybde er pH 5.62 og i 5 cm.'s er den 4.89. Ogsaa i dypere lag er der en mindre ændring i reaktionen. Der er altsaa her i løpet av 2—3 aar foregaat en tilstrækkelig reaktionsændring i de øverste 6 cm., og

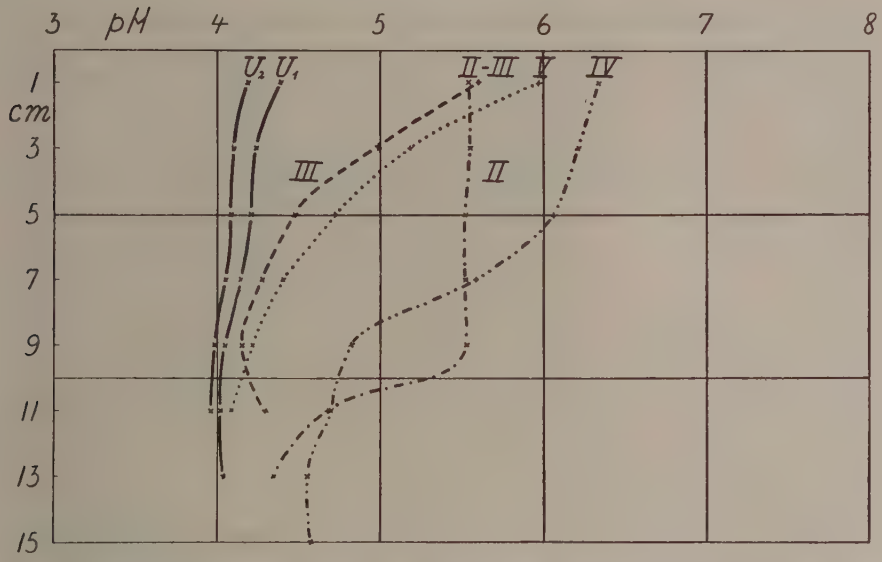


Fig. 19. Beitefelt paa Einen i Askvold. Kalket 1924. Maalt juli 1931. U_1 og U_2 = ubehandlet jord utenfor feltet. III og V harvet, II og IV dypbearbeidet.

(Gekalkt 1924, pH-Messung Juli 1931. U_1 und U_2 unbehandelter Boden ausserhalb des Versuchsfeldes, III und V geeggt, II und IV tiefer bearbeitet.)

derved er skapt reaktionsforhold som nu er gunstige for græsveksten og for den hvitkløver som forøvrig optrer svært ujevnt og kolonivis paa feltet.

6. Feltet paa Einen i Askvold.

Dette felt, som er et av Vestlandets mest riktydende, er behandlet av Ødelien (1928). Feltet er ca. 4 dekar og ligger med ½-parten paa fastmark (lyngmark) og ½-parten paa myr. Paa fastmarken er der ifølge Ødelien 20—30 cm. humuslag, derunder 5 cm. blekjord og saa 10 cm. rustjord (utfældningslag) over uforvitret sand og grus. Myren, som er dannet av starr og hvitmose, er ca. 50 cm. dyp, seig og uformuldet med undtagelse av de underste 10 cm. like over undergrunden, som her er lerholdig sand og grus.

Feltet blev oparbeidet sommeren 1923. Lyngen blev brændt, og av fastmarksparcellen blev en del bare harvet, en anden del bearbeidet dypere med haandredskap. Myrhalvdelen blev grøftet, og en del av den blev harvet, en anden del pløiet. Der blev kalket med 250 kg. CaO (som kalkstensmel), gjødslet og tilsaadd i mai 1924. I anlægsaaret blev tilført 55 kg. superfosfat, 25 kg. 40 % kaligjødsel, 20 kg. Norgessalpeter og 5 lass husdyrgjødsel pr. dekar. I de to følgende aar (1925—26) blev der git 30 kg. thomasfosfat, 15 kg. 40 % kaligjødsel og 30 kg. salpeter, og i

de to derpaa følgende aar (1927—28) samme kali- og kvælstofgjødsel, men 30 kg. superfosfat pr. dekar. I 1925 blev avlingen høstet, men fra og med 1926 er der beitet med 2 melkekuer, som de sidste aar har gaat der omtrent hele sommeren. Med hensyn til utbyttet etc. henvises til Ødeliens beretning.

Prøven er tat i juli 1931. Fastmarkprøven utenfor feltet (U_1) hadde da et vandindhold av 82.82 %, glødetap 16.36 % og aske 0.82 %. Myrprøven utenfor feltet (U_2) hadde vandindhold 84.64 %, glødetap 14.98 % og aske 0.38 %. Forholdet $\frac{G}{A}$ blir altsaa for $U_1 = 19.9$ og for $U_2 = 39.4$. Disse værdier gjælder for det øverste 12 cm. tykke jordlag. I fig. 19 viser de to kurver U_1 (fra fastmarken) og U_2 (fra myrmarken) at vi utenfor feltet har en sur jordtype, hvis reaktion i overflaten ligger litt over pH = 4, men dypere omtrent ved denne værdi. Forøvrig viser figuren den utprægede forskjel som der er paa den bare harvede mark og den dypere bearbeidede mark. I kurve IV for pløiet myrmark er reaktionen i 5 cm.'s dybde endnu pH = 6.07, mens kurve V fra harvet myrmark kun har pH = 4.72. Likedan paa fastmarken. Den dypbearbeidede del har her pH = 5.52 helt ned til 9 cm., mens den bare harvede fastmark i kurve III viser pH = 4.99 allerede i 3 cm.'s og pH = 4.48 i 5 cm.'s dybde. Av beretningen om feltets anlæg synes det at fremgaa at kalkningen er foretat efter bearbeidningen. Kalken er saaledes ikke pløiet resp. gravet ned til disse dyp, men den løsere tilstand hvori jorden ved bearbeidningen er bragt, har lettet nedvaskningen av det uopløste fine kalkstensmel, slik at ogsaa dypere lag har kunnet adsorbere kalken eftersom den har løst sig. Det fremgaar forøvrig at beitningen ved dyrenes traakk her i nogen grad har bidradd til at føre kalken ned fra overflatelaget, idet ogsaa de bare harvede ruter viser en meget betydelig reaktionsændring i 3 cm.'s dybde og en sikker omend ikke stor ændring ogsaa i 5 cm.'s dybde. Av Ødeliens beretning om avkastningen efter de to dyrkningsmaater fremgaar det at harvning er helt overlegen paa fastmarken, mens resultatet er mindre avgjørende paa myren, selv om ogsaa der harvning har git nogen forenheter mere end pløining. Det er i ethvert fald av interesse at en overflatekultur (harvning) som har ændret reaktionen av denne sure jord fra en pH = ca. 4 op til en pH som i de øvre 4 cm. ligger mellem 5 og 6, har git helt tilfredsstillende resultater og er den kostbarere dypbearbeidning overlegen eller jevnbyrdig. Vi maa ogsaa merke os at græsutbyttet her er høit ved en overflate-pH som nu i rutene II—III—IV ligger mellem 5.5 og 6.0. I feltets tidligere aar har imidlertid reaktionen vel ogsaa paa disse ruter ligget betydelig over pH = 6.

Tab. 16. P_H-snit for feltene Seljeøya, Loftheim og Einen.

Dybde cm	Ruter					
Seljeøya:	U	B	C	*Loftheim i Askvold:*	U	F
1	4.00	7.11	6.03	1	3.95	6.24
3	3.98	4.48	5.69	3	3.65	5.62
5	3.97	3.98	5.10	5	3.70	4.89
7	3.94	3.97	4.49	7	3.80	4.46
9	3.91	3.69	4.29	9	3.64	4.37
11	3.83	3.55	4.19	11	3.62	4.36
13	3.66	3.54	—	13	3.62	4.08
15	—	—	—	15	—	3.72
Einen i Askvold:	U_1	U_2	II	III	IV	V
1	4.38	4.19	5.54	5.59	6.33	5.96
3	4.24	4.10	5.55	4.99	6.21	5.17
5	4.21	4.09	5.52	4.48	6.07	4.72
7	4.15	4.05	5.52	4.28	5.59	4.40
9	4.07	3.99	5.52	4.16	4.82	4.21
11	4.02	3.96	4.67	4.30	4.69	4.09
13	4.03	—	4.34	—	4.56	—
15	—	—	—	—	4.58	—

7. Feltene paa Bergsaasen og Moldestad i Selje.

I Selje er av Selskapet for Norges vel anlagt 2 felter for at bringe paa det rene om bearbeidning og luftning i et eller flere aar før tilsaaningen kan bidra til at bedre jorden og eventuelt øke pH. Det ene felt, Bergsaasen, ligger i tør, sydvendt lyngmark. Det andet felt, Moldestad, ligger nordvendt paa flat myr ved havets nivaa. Planen for disse felter er følgende:

I a	II a	III a	I b	II b
III b	I c	II c	III c	I d

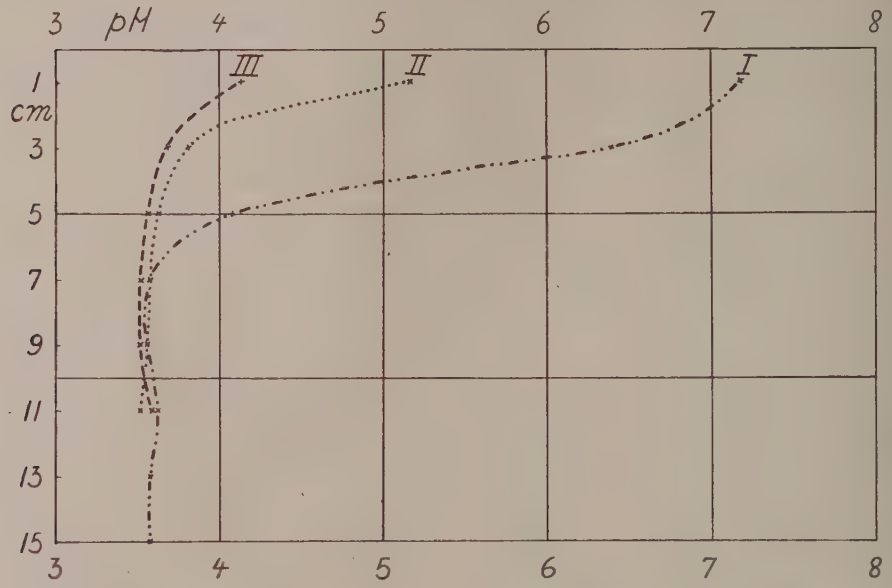


Fig. 20. Forsøksfeltet Bergsaasen, Selje. I—III. Kalk nedharvet med 2 harvdrag 25. mai 1929. I. Desuten 3 ekstra harvdrag mai 1929. II. Disse 3 harvdrag først i mai 1930. III. Bare 1 ekstra harvdrag mai 1930. PH-maalt septbr. 1930.

(I—III. Der Kalk 3-mal untergeeggt im Mai 1929. I. Ausserdem im Mai 1929 noch 3-mal extra geeggt. II. Erst im Mai 1930 3-mal extra geeggt. III. Nur 1-mal extra geeggt im Mai 1930. PH-Messung im Septbr. 1930.)

Rutene er 10 × 5 m. = 50 m.², ordnet i to rækker med en ca. 5 m. bred »vendeteig« mellem rækkene.

Planene for feltene sier: »Hensigten med feltet er at undersøke hvilken betydning det kan ha at jorden under opdyrkningsarbeidet henligger nogen tid før dyrkningsarbeidet fuldføres og feltet tilsaaes. Et felt lægges paa myr (Moldestad) og et paa fastmark (Bergaasen).«

Lyngen blev brændt, og den nødvendige grøftning og plantning fandt sted. Feltene blev saa harvet og istandsat efter følgende plan:

Rutene I. Tilsaadd 1. aar (1929).
— II. — efter ett aars luftning (1930).
— III. — » to aars luftning (1931).

Paa Bergsaasen fik alle ruter 25. mai 1929 før kalkningen 8 harvdrag (kryssharvning). Kalken blev saa straks utstrødd og derpaa nedbragt med to fællesharvdrag for alle ruter. Samme vaar (1929) fik rutene I yderligere 3 harvdrag og blev tilsaadd 1. juni. Ruter II fik disse 3 harvdrag først mai 1930 og blev da tilsaadd. Rutene III fik et av harvdragene mai 1930 og de resterende to vaaren 1931 og blev da tilsaadd.

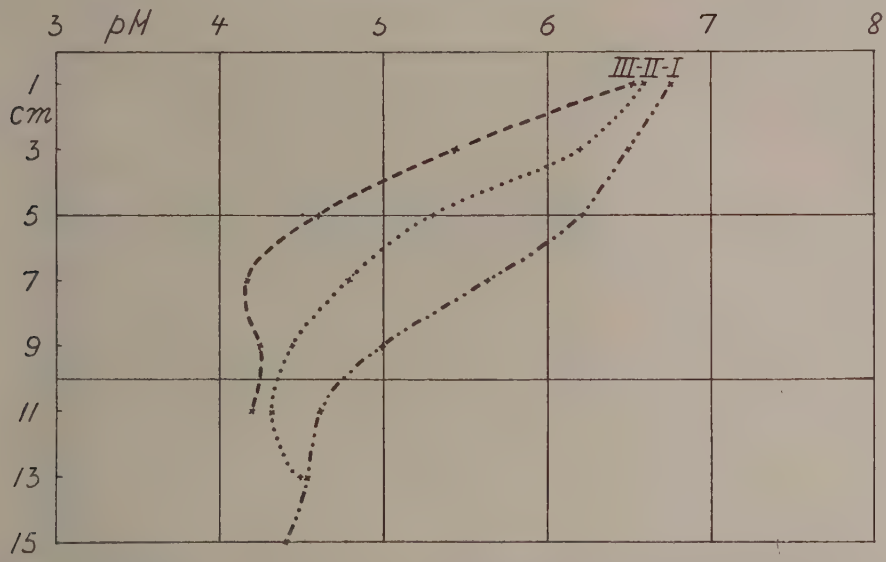


Fig. 21. Forsøksfelt Bergsaasen, Selje. Samme felt som i fig. 20. Rute III nu harvet 2 ganger vaaren 1931. Ellers som før. PH-maalt oktober 1931.

(Dasselbe Versuchsfeld wie in Fig. 20. Parzelle III im Frühling 1931 nun noch 2-mal geeggt, sonst wie früher. PH-Messung Oktober 1931.)

Samme fremgangsmaate blev fulgt paa Moldestad 22. mai 1929 med undtagelse av at kalken her bare blev nedbragt med ett fællesdrag istedetfor to ved Bergsaasen.

De første prøver til bestemmelse av nivaareaktioner blev tat 2. septbr. 1930. Fig. 20 viser resultatet for Bergsaasen og fig. 22 for Moldestad.

Bergaasen hadde paa dette tidspunkt, sept. 1930, faat 2 + 3 harvdrag paa rutene I, 2 + 3 paa rutene II og paa rutene III 2 + 1 harvdrag. I disse sidste (III ruter), som fik 2 harvdrag like efter kalkens nedbringelse vaaren 1929 og saa bare 1 vaaren 1930, er reaktionen litet forandret, idet overflatereaktionen er pH = 4.13. I rutene II som har faat ialt 5 harvdrag, hvorav de 3 saa sent som samme vaar (1930), er overflatelagets pH steget en del, idet den er 5.16, men der er ingen dybdevirkning. I rutene I, som likeledes har faat 5 harvdrag, men de 3 sidste her allerede vaaren 1929, er overflatereaktionen naadd pH = 7.16, og der er en betydelig dybdevirkning, idet der i 3 cm.'s dybde er en pH = 6.39.

I Moldestadfeltet er resultatet av samme art, men III-rutene har her bare faat 1 + 1 = 2 harvdrag, hvorav det sidste vaaren 1930. Reaktionen er her næsten ikke forandret, idet den i overflaten bare er pH = 4.48. II-rutene har 1 + 3 = 4 harvdrag, hvorav de 3 sidste samme vaar, og har dermed faat overflatereaktion pH = 6.31 og dybdevirkning med pH i 3 cm. = 6.20 og ogsaa en mindre økning i 5 cm.'s dybde. I-rutene med sine 4 harvdrag, hvorav de 3 sidste for over et aar

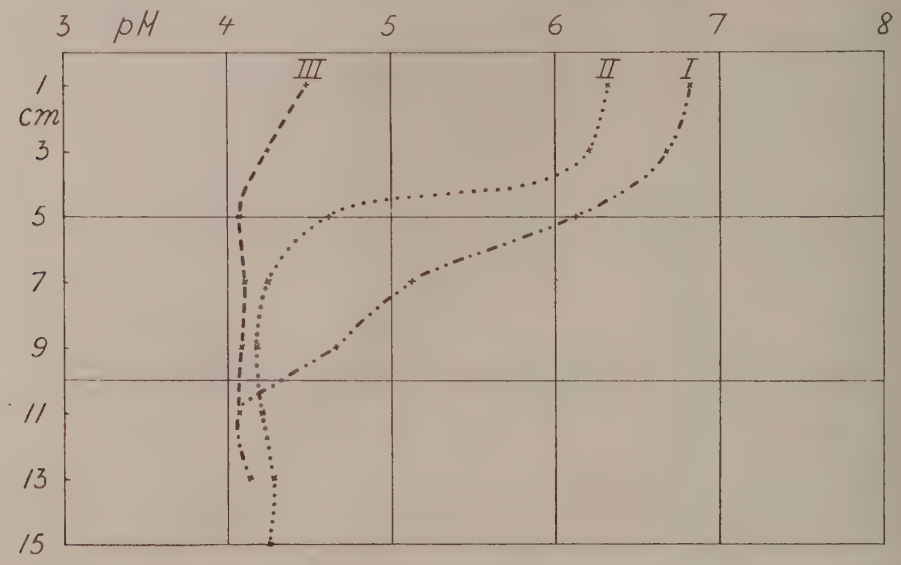


Fig. 22. Forsøksfelt Moldestad, Selje. I—III. Kalk nedharvet med bare 1 harvdrag 22. mai 1929. Ellers som Bergsaasen i fig. 20. PH-maalt septbr. 1930.

(I—III. Kalk nur 1-mal untergeeggt 22. Mai 1929, sonst alles wie am Bergsaasen. – Fig. 20. PH-Messung Septbr. 1930.)

siden (1929), viser en meget kraftig virkning av kalken med overflate-pH = 6.81, sterk dybdevirkning med pH i 3 cm. 6.66, i 5 cm. 6.12, i 7 cm. 5.12 og i 9 cm.'s dybde 4.65.

Tolkningen av disse resultater er ikke vanskelig. Paa de ruter (III) hvor kalken bare er nedbragt med 2 resp. 1 harvdrag, er den ikke bragt i intim kontakt med jorden, og tungt oploselig som den er, har den omtrent ikke hat nogen virkning, men ligger i uoplost form. I I-rutene derimot, hvor der er git ialt 5, resp. 4 nedharvningsdrag og herav de 3 sidste for over 1 aar siden, er kalken blit jevnt fordelt i jorden, har lost sig godt (sterk Ca-adsorbtion) og neutraliseret sterkt. I rutene II er der, fordi de sidste 3 harvdrag er utført samme aar som analysen, en mindre virkning av kalken, som her har faat kortere virketid. Dette forhold er særlig fremtrædende i feltet Bergsaasen, fordi dette ligger tørt, og sommeren 1930 var extremt tør. I det vaate felt Moldestad hadde derimot jorden ogsaa i denne sommer vand nok til at kalken kunde virke.

Denne tolkning bekræftes av analysene fra august 1931, som er fremstillet i fig. 21 og 23. Rutene III har nu vaaren 1931 faat 2 harvdrag til, og kalken er dermed bragt i god fordeling og kontakt med jorden, og følgelig viser nu III-kurvene en sterk forskyvning mot neutralpunktet. I Bergsaasen har overflatereaktionen med pH = 6.52 næsten naadd II-rutene igjen, og der er ogsaa en betydelig dybdevirkning, men selvfølgelig paa grund av kortere virketid noget mindre end

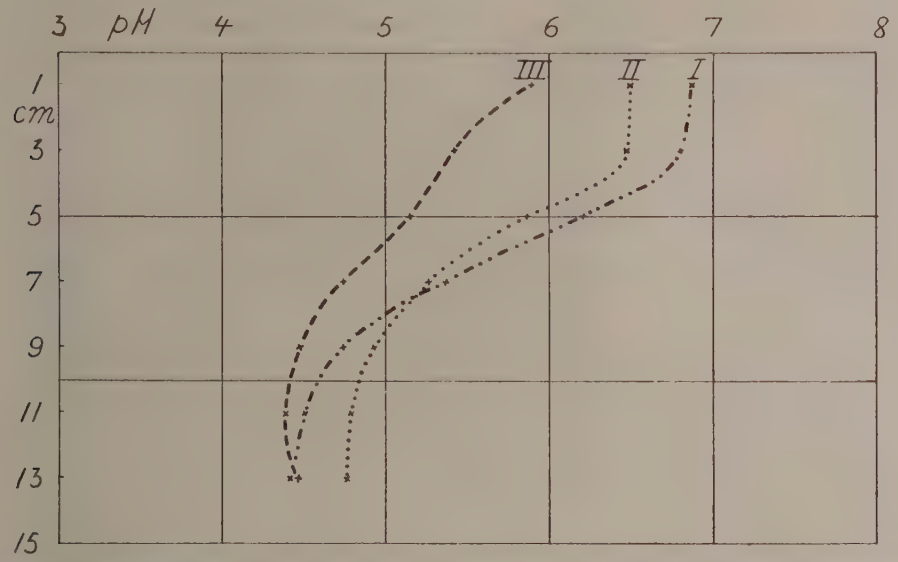


Fig. 23. Forsøksfelt Moldestad, Selje. Samme felt som i fig. 22. Rute III nu harvet 2 gange vaaren 1931. Ellers som før. PH-maaling oktober 1931.

(Dasselbe Versuchsfeld wie in Fig. 22. Parzelle III nun im Frühling 1931 noch 2-mal geeggt, sonst wie früher. PH Messung Oktober 1931.)

i II. I Moldestad har III-rutene naadd overflate-pH = 5.87 og ogsaa her en god dybdevirkning. Vi merker os ogsaa for I- og II-rutene det meget betydelige fremskridt i dybdevirkning i 1931 i sammenligning med 1930. Av disse felter kan altsaa sluttes at selv en saa god bearbeidning som 8 harvdrag før kalkningen og 2 resp. 1 harvdrag efter kalkningen er helt utilstrækkelig. Den mekaniske bearbeidning og luftningen alene skaper ingen pH-ændring, og et par harvdrag til nedmuldningen av kalken er helt utilstrækkelig. For at opnaa god virkning av kalken, ikke bare i overflaten, men ogsaa i tilstrækkelig dybde, ned til 5—7 cm., maa der sikkert harves godt før kalkningen, saa jorden blir fint fordelt, og dernæst gjentagne gange f. eks. mindst 5 gange efter kalkningen, slik at det fine kalkstensmel kommer i intim kontakt med den sure jord. Kun paa denne maate blir Ca-bindingen til den sure jord saa sterk og hurtig at man faar god neutralisering og skaper et godt overflatelag for græsveksten.

Tab. 17. P_H-snit for Bergsaasen og Moldestad.

Dybde cm	Rute					
	I		II		III	
	1930	1931	1930	1931	1930	1931
Bergsaasen:						
1	7.16	6.75	5.16	6.59	4.13	6.52
3	6.39	6.49	3.81	6.20	3.68	5.44
5	4.08	6.21	3.63	5.30	3.57	4.61
7	3.59	5.63	3.58	4.79	3.52	4.17
9	3.56	4.99	3.56	4.44	3.52	4.24
11	3.63	4.62	3.52	4.32	3.59	4.20
13	3.58	4 54	—	4.49	—	—
15	3.58	4.41	—	—	—	—
Moldestad:						
1	6.81	6.87	6.31	6.49	4.48	5.87
3	6.66	6.80	6.20	6.47	4.24	5.40
5	6.12	6.22	4.61	5.87	4.07	5.15
7	5.12	5.37	4.26	5.26	4.11	4.73
9	4.65	4.74	4.18	4.93	4.09	4.48
11	4.07	4.50	4.21	4.79	4.07	4.39
13	4.13	4.43	4.28	4.78	—	4.46
15	—	—	4.26	—	—	—

Kap. 3. Kalkstensmelets virkemaate og opløsning.

De undersøkelser som foran er gjennemgaat, viser at kalkens virkning som neutraliseringsmiddel har været høist overfladisk i de fleste av de vestnorske beitefelter. Som regel er vel kalken ved feltenes anlæg blit strødd ut paa den færdig harvede mark og derefter grundt nedmuldet ved et par harvdrag. Følgen er at kalken fra begyndelsen av bare har været indblandet i de øverste centimeter av jorden. Og som vi har set av de mange pH-snit, er dens neutraliserende virkning i de første aar helt indskrænket til et tyndt overflatelag, og først efter en længere aarrække naar dens virkning nogen faa centimeter dypere, men som regel ikke væsentlig dypere end 5—6 cm. under overflaten. Dette gjælder jordtyper som er rike paa humusstoffer. I humusfattige grus- og sandjordarter trænger kalken hurtig ned og neutraliserer allerede efter et par aar til 8—12 cm.'s dybde.

Der foreligger selvfølgelig tidligere undersøkelser i andre land over dette vigtige problem: kalkens nedtrængen. Det er imidlertid som oftest ikke fra neutraliseringsstandpunkt, men fra utvaskningsstandpunkt saken er grepet an, idet man har villet bringe paa det rene hvor hurtig kalken utvaskes fra de øvre jordlag, og derigjennem hvor ofte og hvormeget disse maa kalkes. Dette problem er ikke helt det samme som spørsmaalet om mængden av »neutraliserende kalk« i jorden, og vi skal derfor ikke gaa nærmere ind paa den rike litteratur som foreligger om kalkens utvaskning. I forbindelse med reaktionsbestemmelser i forskjellige dybder er der ikke utført saa mange undersøkelser. Et par av dem kan nævnes. Connor, Walker og Plice beretter (1927) om kalkningsforsøk paa to jordarter av »loam«-typen, den ene med meget, den anden med litet organisk substans. Der blev 1920 anlagt forsøk med stigende kalkmængder. Paa første jordart blev anvendt 0 — 4000 — 8000 — 32 000 lb. »Ca-limestone« og i paralelforsøk læsket kalk svarende til 4000 og 8000 lb. Ca-limestone pr. acre. Den anden jordtype, som hadde litet organisk stof, fik 75 % av de her nævnte mængder. Begge jordarter var sure med en reaktion pH < 5 i de øvre jordlag. Efter 6 aar (1926) blev der i de øvre 6 tommers lag fundet en pH som for største kalkmængde var 6.5—7.1. Men selv med disse store kalkmængder var reaktionen bare ændret i det øverste 6 tommers lag, og det næste 6 tommers lag viste en helt ubetydelig eller ingen forhøielse i pH-værdien. Forfatterne gaar ut fra at kalken i de øverste

lag omdannes til kalknitrat (eller i mindre mængde til sulfat og klorid), og i denne form passerer gjennem de underliggende lag uten at adsorberes.

Van Alstine (1918) finder i Rothamsted bare en let nedtrængen av kalk.

Nelson (1928) nævner en række tidligere erfaringer som viser at kalkens nedtrængningsevne ikke er meget sterk. Selv undersøker han nedsynkningen av kalk i faste beitefelter paa »sandy loam« og benytter her noget tyndere sektioner, 3 tommer, mot de tidligere nævnte forfatteres 6 tommers sektioner. Det viser sig at kalken for største delen er holdt tilbake i det øverste 3 tommers lag, og det er praktisk talt bare i dette lag at det er nogen væsentlig pH-stigning.

En udmerket oversikt over mange sider av kalkningsspørsmaalet gir Gehring (1928). Med hensyn til kalkens nedmuldning holder Gehring sig til tidligere anførsler av Tacke (1913). Efter Tacke kan man paa myrjord ikke vente nogen væsentlig nedsynken eller dybdevirkning av kalken i dens basiske form. Kalken vil bare synke i dybden efter at den er omsat til klorid, sulfat eller nitrat. Kalk som base blir bundet der hvor den er anbragt, og plantenes rødter trænger ikke dypere ned end kalken har neutraliseret myrjorden. Kalkens nedmuldning blir derfor av den største betydning, og Tacke fremhæver at særlig ved anlæg av eng eller beite, hvor man senere ikke kan komme med nogen bearbeidning, maa man ved anlægget ofre meget for at faa kalken tilstrækkelig dypt nedbragt. For myrjord anbefaler Tacke en fremgangsmaate som her skal anføres litt forkortet. Det heter: »Vegetationen fjernes ved forsigtig brænding paa en tid da jorden er saa vaat at varmen ikke gaar i dybden. Derpaa utstrøes $^2/_5$ av kalken jevnt og harves ved gjentagne kryss- og langsharvning ned slik at den blandes med de øvre 7—8 cm. Jorden brytes om til 20 cm.'s dybde og nye $^2/_5$ av kalken utstrøes og harves godt ned. Efter avsluttet bearbeidning strøes sidste $^1/_5$ av kalken ut, og dens fordeling overlates til nedbøren eller den nedharves meget let.«

Som man vil forstaa av de her nævnte arbeider, er resultatene av undersøkelsene i de vestnorske beitefelter i overensstemmelse med erfaringer høstet i andre land. Den sektionsvise pH-bestemmelse hos os med jordlag bare av 2 cm.'s tykkelse, har dog i endnu sterkere grad fremhævet kalkens næsten helt manglende dybdevirkning i jord som er rik paa sur umættet humus (lyngmark og myr). Her er forholdene paa mange av vore beitefelter rent ekstreme, og derfor maa de studeres indgaaende. Der er tidligere i dette arbeide gjentagne gange nævnt at man paa beitefelter selv efter flere (op til 8) aar endnu finder uopløst kalk, klumpvis eller flekvis i de øverste jordlag. Dette gjælder baade hvor der er anvendt brændt kalk og kalkstensmel. Dette sidste skulde være lettest at strø jevnt ut, men det kan bli vaatt, eller der slurves selv med tør vare. Den brændte kalks læskning maa foregaa omhyggelig saa læskningsproduktet ikke blir for vaatt og dermed vanskelig at strø ut. Nedmuldningen maa være grundig. De foran nævnte undersøkelser av feltene paa Bergsaasen og Moldestad viser at en nedharvning med 1—3 harvdrag ikke er nok.

Mindst 5 harvdrag er nødvendig for at faa den utstrødde kalk jevnt fordelt. Blir den ikke jevnt fordelt, men ligger flekvis, vil en del av den neutralisere jorden omkring flekken helt, og derved vil opløsningen av den resterende større del nedsættes saa sterkt at den kan ligge aarevis som store uopløste klumper. Tackes fremgangsmaate hvorved man deler kalken op i portioner og først nedharver $^2/_5$, derpaa nye $^2/_5$ og tilslut den sidste $^1/_5$ av kalken, er sikkert meget god. En brytning av jorden til 20 cm. som anført maa imidlertid som regel fraraades, og man faar nøie sig med en dypere nedharvning av den 2. kalkportion. De to første portioner, tilsammen $^4/_5$ av kalken bør i vore jordtyper absolut nedharves senest i januar for at gi fuld virkning. Den sidste $^1/_5$ bør, hvis det er læsket kalk, utbringes mindst 14 dage før saaningen, hvis det er kalkstensmel et par dage før, og i begge tilfælder ikke nedmuldes mere end det sker med græsfrøet.

Spørsmaalet om hvorvidt der bør brukes kalkstensmel, skjælsand eller læsket kalk har været meget omstridt. Man hører saa ofte fremholdt at læsket kalk vil virke hurtigere og derfor er at foretrække. Dette er en sandhet med sterke modifikationer. Det er her helt unødvendig at komme ind paa den store ældre litteratur som foreligger om dette emne. Vort syn paa kalkens opløselighet maa baseres paa de nye fremskridt som er gjort med hensyn til baseadsorbtion av jordkolloidene, og her er forholdene endnu ikke helt avklaret. Gehring (1928) sier ut fra sin rike erfaring og baseret paa omfangsrike litteraturstudier at brændt kalk (læsket) og kalkstensmel er like anvendelige, og naar det motsatte hævdes av enkelte, beror det paa at kalkstensmelet ikke er finmalet nok. Gehring og Tacke pointerer at finmalet kalkstensmel staar fuldt paa høide med læsket kalk og desuten er lettere at strø ut. Ved finmaling faar man sterk eller fuld virkning med en gang det første aar, og dette er av stor betydning. Ved grovere vare, herunder ogsaa skjælsand, kan virkningen det første aar bli for liten, men den kan ta sig op i følgende aar og kanske holde sig længere. Hvor der kan være fare for overkalkning er det heldig om varen er litt grov, men foreligger ikke denne mulighet, bør man altid anvende finmalet vare.

Nu er spørsmaalet om kalkstensmelets opløselighet og virkningsgrad ikke bare avhængig av finmalingen, men selvfølgelig ogsaa av materialets kvalitet, d. v. s. av procentindholdet av CaO, og denne hænger igjen sammen med den anvendte stens kalkindhold. Av denne og andre grunde er det av interesse at kontrollere og undersøke enhver almindelig brukt vare. I følgende avsnit skal derfor gjøres rede for nogen forsøk med den paa Vestlandet almindelige anvendte vare »Risneskalk« i sammenligning med læsket kalk i form av kalkvand. Forsøkene tar kun sikte paa at sammenligne kalkstensmelets neutraliserende virkning med kalkvandets i laboratorieforsøk.

Grunden til at man ofte foretrækker brændt kalk, anvendt i læsket form som $Ca(OH)_2$, er sikkert de forestillinger man har om dennes store opløselighet i forhold til kalciumkarbonat i form av skjælsand eller kalkstensmel. Dette er forsaavidt rigtig, som der av læsket kalk opløses ca. 1.3 gr. CaO i en liter vand ved

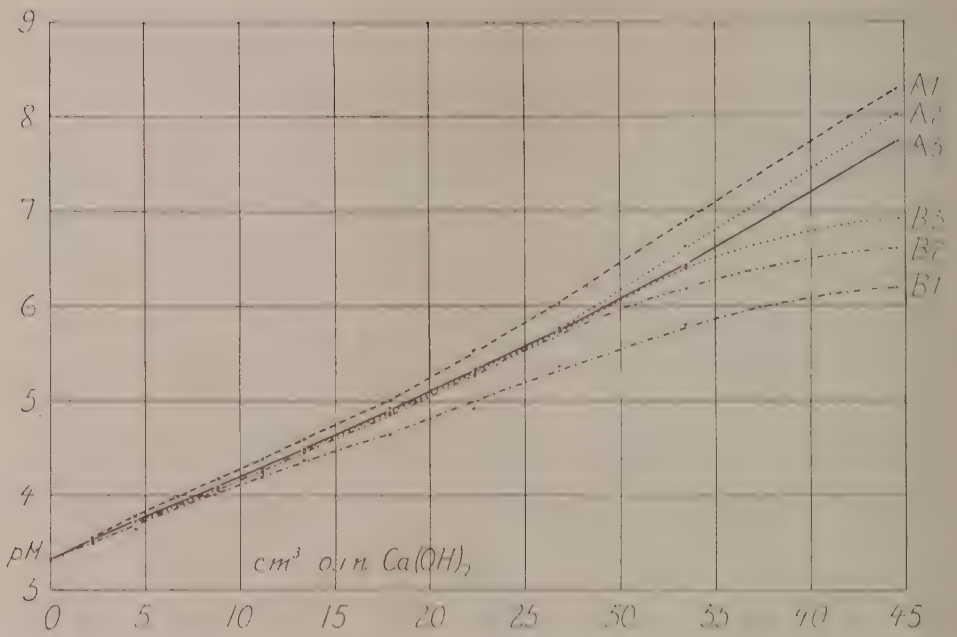


Fig. 24. Titreringssammenligning mellem kalkvand og kalkstensmel i Ca-ekvivalente mængder. Jord fra feltet Djupedalen III, Selje.

A_1—A_3: Titrering med kalkvand.
A_1: Reaktionstid 24 t, rystetid 3 t.
A_2: Reaktionstid 24 t., rystetid 4 t.
A_3: Reaktionstid 48 t., rystetid 8 t.

B_1—B_3: Titrering med kalkstensmel.
B_1: Reaktionstid 2 døgn.
B_2: Reaktionstid 14 døgn.
B_3: Reaktionstid 58 døgn.

(Titrierungsvergleich zwischen Kalkwasser und Kalksteinmehl in Ca-equivalenten Mengen. A_1—A_3 mit Kalkwasser titriert und zwar A_1: Reaktionszeit 24 St., geschüttelt 3 St., A_2: Reaktionszeit 24 St., geschüttelt 4 St. und A_3: Reaktionszeit 48 St., geschüttelt 8 St. B_1–B_3 mit Kalksteinmehl titriert und zwar B_1: Reaktionszeit 2 Tage. B_2: Reaktionszeit 14 Tage und B_3: Reaktionszeit 58 Tage.)

0—10° C., mens der av $CaCO_3$ i rent vand bare loses 10 mgr. ved 8.7° C. Nu er imidlertid jordvandet ikke rent, men indeholder bl. a. større eller mindre mængder kuldioxyd CO_2, og oploseligheten av $CaCO_3$ tiltar sterkt med vandets økende indhold av CO_2, idet der dannes bikarbonat, og dette loses relativt godt. I vand i likevegt med almindelig luft (0.03 vol. % CO_2) vil der ved en temperatur 3—13° C. loses hele 62 mgr. av $CaCO_3$, og i vand i likevegt med en midlere CO_2-koncentration i jordluft (0.3 vol. % CO_2) vil der loses 138 mgr. $CaCO_3$. Naar hertil kommer at den læskede kalk i jorden i lopet av ganske kort tid omdannes til $CaCO_3$, vil man forstaa at nogen større forskjel i virkning av læsket kalk og finmalet kalkstensmel kan der neppe være.

Den hurtige oplosning av det vestnorske kalkstensmel vil fremgaa av folgende forsok, hvor dette er brukt som neutraliseringsmiddel i sammenligning med mættet kalkvand ($Ca(OH)_2$).

Tab. 18. P_H-værdier efter neutralisering med kalkvand (A-kurver) og kalkstensmel (B-kurver), seig lyngmarkstorv, Djupedalen III.

(P_H-Werte nach Neutralisierung mit Kalkwasser (A-Kurven) und Kalksteinmehl (B-Kurven), Rohhumus aus Heide, Djupedalen III.)

Tilsvarer kg CaO pr. dekar 1 cm's dybde (Entspricht kg CaO pr. Dekar und 1 cm's Tiefe)	Kalkvand (Kalkwasser)			Kalkstensmel (Kalksteinmehl)		
	A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3
	Rystetid 3 t. (geschüttelt 3 St.) Reaktionstid 24 t. (Reaktionszeit 24 St.)	Rystetid 4 t. (geschüttelt 4 St.) Reaktionstid 24 t. (Reaktionszeit 24 St.)	Rystetid 8 t. (geschüttelt 8 St.) Reaktionstid 48 t. (Reaktionszeit 48 St.)	Reaktionstid 2 dgr. (Reaktionszeit 2 Tage	Reaktionstid 14 dgr. (Reaktionszeit 14 Tage)	Reaktionstid 58 dgr. (Reaktionszeit 58 Tage)
2.5 (8)	3.55	3.55	3.54	3.50	3.52	3.50
5.0 (9)	3.77	3.72	3.74	3.65	3.72	3.73
7.5 (10)	3.99	3.89	3.90	3.89	3.90	3.88
10.0 (11)	4.18	4.11	4.09	4.05	4.10	4.07
12.5 (12)	4.38	4.25	4.27	4.19	4.23	4.24
15 0 (13)	4.59	4.50	4.49	4.36	4.44	4.48
20.0 (14)	5.00	4.92	4.92	4.64	4.84	4.89
25.0 (15)	5.51	5.31	5.32	4.91	5.25	5.28
30.0 (16)	6.02	5.72	5.72	5.35	5.71	5.70
37.5 (17)	6.90	6.61	6.42	5.78	6.17	6.39
50.0 (18)	8.27	8.02	7.73	6.19	6.60	6.92

Det første forsøk gjælder en jordprøve fra det før nævnte forsøksfelt Djupedalen III. Det er en seig, vaat, helt uformuldet raahumustype i lyngmark. Den prøve som her er brukt til forsøk, er indsamlet 27. september 1930 og hadde da et vandindhold av 87.4 %, glødetap 12.0 % og askeindhold 0.6 %, altsaa $\frac{G}{A} = 20.0$. Jorden blev avveiet i portioner som var et multiplum av 25 cm^3, og i hver portion, f. eks. $25 \times 10 = 250$ cm^3, blev omhyggelig indblandet stigende mængder finmalet, sigtet kalkstensmel (Risneskalk). Derefter blev jorden fordelt paa vanlige pulverglas med 25 cm^3 pr. glas og her, fra burette, tildryppet saa meget CO_2-frit vand at jorden blev vandmættet; alle glas blev derpaa stillet koldt for mest mulig at nedsætte en eventuel ammoniakdannelse som kan hæve pH. Efter et visst antal dage blev saa en del glas uttat, tilsat 50 cm^3 CO_2-frit vand og rystet med dette. Kontrolforsøk med hensyn til rystetid viste at torvjord som hadde staat med $CaCO_3$ i flere dage, viste samme reaktion hvad enten den blev behandlet med 50 cm^3 vand bare 2 timer før pH-bestemmelsen og herunder rystet 10 min., eller den blev behandlet med vand natten over (22 t.) og herunder rystet 2½ time ialt.

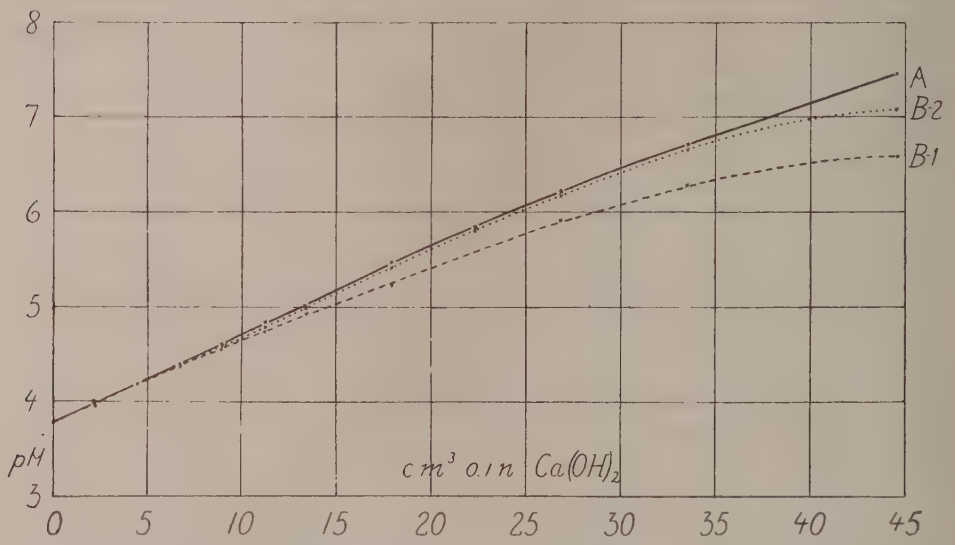


Fig. 25. Titreringssammenligning mellem kalkvand og kalkstensmel i Ca-ekvivalente mængder. Jord fra feltet Djupedalen II, Selje. A: Titrering med kalkvand, B_1—B_2: Titrering med kalkstensmel, B_1: Reaktionstid 1 døgn, B_2: Reaktionstid 21 døgn.

(Titrierungsvergleich zwischen Kalkwasser und Kalksteinmehl in Ca-equivalente Mengen. A: Titrierung mit Kalkwasser, B_1—B_2: Titrierung mit Kalksteinmehl und zwar B_1 Reaktionszeit 24 St., B_2 Reaktionszeit 21 Tage.)

Samtidig blev en række prøver i lignende glas uten tilsætning av kalkstensmel titreret med de kalkvandmængder som er Ca-ekvivalente med den anvendte kalkstensmængde. Som tidligere nævnt (s. 18) blev der ved titrering med kalkvand som regel benyttet en reaktionstid av 22—24 t. mellem kalkvand og jord, og herunder blev der rystet ialt 2½ time. Forsøk med længere reaktionstid er nedenfor omtalt. I hver serie er der en række trin med stigende, ekvivalente kalkvand- og kalkstensmængder.

Fig. 24 og tab. 18 viser resultatet av forsøket med den nævnte jord fra Djupedalen III. Titreret med kalkvand er der 3 serier:

A_1: rystetid 3 t. i reaktionstid 24 t.
A_2: — 4 t. i —»— 24 t.
A_3: — 8 t. i —»— 48 t.

Kurven A_1 viser først og fremst at den vanlige rystetid 3 t. med reaktionstid 24 t. er helt utilstrækkelig for denne seige, uformuldede torvjordtype. Ved at øke rystetiden til 4 t., men beholde reaktionstiden, sænkes titreringskurven betydelig (A_2). Fordobles baade rystetid og reaktionstid til henholdsvis 8 t. og 48 t., faar vi kurve A_3, som følger A_2-kurven op til 26.8 cm³ 0.1 n kalkvand, og denne mængde er altsaa neutraliseret ogsaa i 24 t. Ved større kalkmængder synker A_3-kurven under A_2-kurven, og disse store kalkmængder trænger altsaa den lange ryste- og reaktionstid av 8 t. — 48 t. Det kan tænkes at vi i disse kurver har et

Tab. 19. P_H-værdier efter neutralisering med kalkvand (A-kurve) og kalkstensmel (B-kurver) for seig, uformuldet lyngmarktorv, Djupedal II.

(P_H-Werten nach Neutralisierung mit Kalkwasser (A-Kurve) und Kalksteinmehl (B-Kurven) Rohhumus aus Heide, Djupedalen II.)

Svarer til kg CaO pr. dekar og 1 cm's dybde (Entspricht Kg CaO pr. Dekar und 1 cm's Tiefe)	Kalkvand (Kalkwasser)	Kalkstensmel (Kalksteinmehl)	
	A	B_1	B_2
	Reaktionstid 24 t. (Reaktionszeit 24 St.)	Reaktionstid 1 dag (Reaktionszeit 1 Tag)	Reaktionstid 21 dager (Reaktionszeit 21 Tage)
2.5 (8)	3.96	4.00	3.99
5.0 (9)	4.17	4.18	4.17
7.5 (10)	4.39	4.37	4.37
10.0 (11)	4.58	4.54	4.54
12.5 (12)	4.82	4.71	4.72
15.0 (13)	5.00	4.90	4.93
20.0 (14)	5.46	5.22	5.39
25.0 (15)	5.83	5.52	5.81
30.0 (16)	6.20	5.90	6.18
37.5 (17)	6.70	6.27	6.65
50.0 (18)	7.45	6.58	7.10

uttryk for at stigende rystetid som mekanisk faktor bidrar til videre opdeling av den forøvrig finrevne torv og av den grund gir en sterkere neutralisering av det tilsatte kalkvand. Imidlertid har flere forskere tidligere fundet en lignende tidsfaktor for neutraliseringen ogsaa av jordtyper som man maa anta mekanisk opslemmes temmelig raskt. Tovborg Jensen (1924) lar av denne grund jord og kalkvand staa 1 døgn med »omrystning fra tid til anden.« Clark og Collins (1930) hævder at likevegtsforholdet først er sikret efter 90 timer, Maiwald (1928) kræver 72 timer, og Hissink og van der Spek (1926) som arbeider med humusjordtyper, kræver 3 døgn ved titrering op til pH = 7. Clark og Collins arbeider med svakt sure jordarter, og pH bringes her op til pH = 8—9. Under disse forhold er selvfølgelig reaktionshastigheten mindre end ved de sterkt sure jordarter, hvor pH bare skal bringes op til ca. 7—7.5. Nu behøver man ved praktiske forsøk ikke at avvente de sidste smaa forandringer, men sikkert er det at den av Tovborg Jensen benyttede tid av et døgn vil være utilstrækkelig for humusrikere prøver, i ethvert tilfælde med omrystning »fra tid til anden.« Maskinel rystning i flere timer er i saa fald nødvendig. Men vi kan altsaa gaa ut fra at selv med de seige torvjorder, vil en reaktionstid av 24 t., inkl. rystetid 4 t., gi likevegt helt op til 26.5 cm.^{3} 0.1 n $Ca(OH)_2$ pr. 25 cm.^{3} jord, hvad der svarer til ca. 30 kg. CaO pr. dekar pr. 1 cm.'s dybde eller 300 kg. CaO pr. dekar til 10 cm.'s dybde.

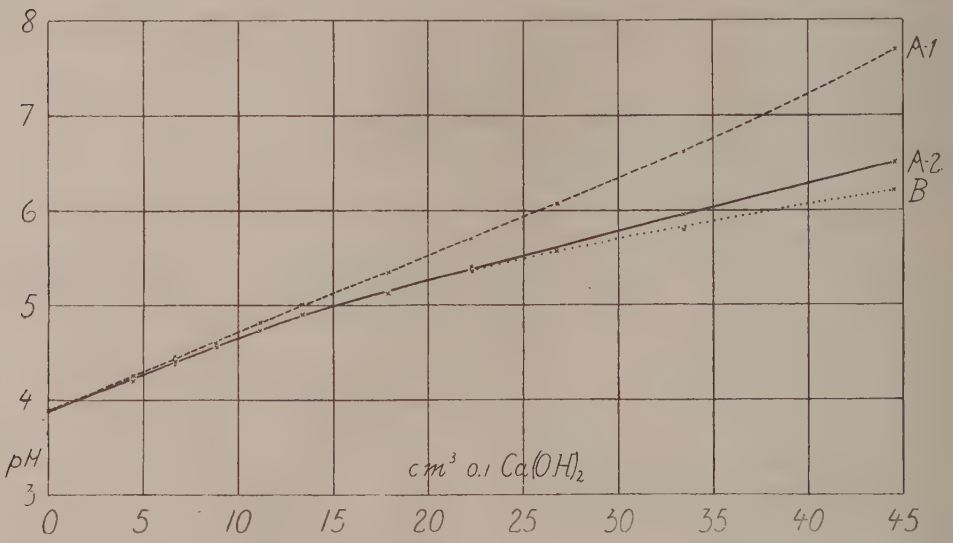


Fig. 26. Titreringssammenligning mellem kalkvand og kalkstensmel i Ca-ekvivalente mængder. Jord fra feltet Hove II, Selje. A_1—A_2. Titrering med kalkvand. A_1: Reaktionstid 4 t, rystetid 1 t, A_2: Reaktionstid 24 t., rystetid 4 t. B titreret med kalkstensmel, reaktionstid 21 døgn.

(Titrierungsvergleich zwischen Kalkwasser und Kalksteinmehl in Ca-equivalenten Mengen. A_1—A_2 mit Kalkwasser titriert und zwar A_1 mit Reaktionszeit 4 St, geschüttelt 1 St. und A_2 mit Reaktionszeit 24 St., geschüttelt 4 St. B mit Kalksteinmehl titriert, Reaktionszeit 21 Tage.)

B-kurvene i fig. 24 gjælder de ekvivalente Ca-mængder tilsat som kalkstensmel. Kurve B_1 viser at en reaktionstid av 2 døgn mellem kalkstensmel og vaat jord ikke er tilstrækkelig til melets opløsning. En reaktionstid av 14 døgn som i kurve B_2 er derimot tilstrækkelig helt op til den samme kalkmængde 300 kg. CaO pr. dekar til 10 cm.'s dybde, som vi fik neutraliseret ogsaa ved kalkvand og reaktionstid 24 t. med rystetid 4 t. Større mængder kalkstensmel kræver derimot længere tid. Ved en reaktionstid av 58 døgn følger som man ser kurve B_3 nøie ind til kalkstenskurve A_3, og man kan saaledes paa denne tid i vaat jord faa neutraliseret en kalkstensmængde svarende til A_3-kurvens 33.5 cm.³ 0.1 n $Ca(OH)_2$, eller 375 kg. CaO pr. dekar til 10 cm.'s dybde. Vi skal komme tilbake til betydningen av disse værdier senere.

Lignende resultater viser fig. 25 og tab. 19, som gjælder jord fra Djupedalsfelt II. Jorden, som blev indsendt 20. mai 1930, er tat efter lyngbrænding paa feltet, men før den tidligere nævnte flaahakking. De øvre lag av mosetorv, som i marken senere blev fjernet ved flaahakking, blev i laboratoriet skaaret bort fra prøven, og tilbake var da en tæt, sortbrun, vaat og litet formuldet torvjord, som hadde et vandindhold av 86.0 %, glødetap 12.7 % og aske 1.2 %, $\frac{G}{A} = 10.5$. Jor-

Tab. 20. P_H-værdier efter neutralisering med kalkvand (A-kurver) og kalkstensmel (B-kurve) for sandholdig torvjord, Hove II.

(P_H-Werte nach Neutralisierung mit Kalkwasser (A-Kurven) und Kalksteinmehl (B-Kurve). Sandhaltiger Torfboden, Hove II.)

Svarer til kg CaO pr. dekar og 1 cm's dybde (Entspricht Kg CaO pr. dekar und 1 cm's Tiefe)	Kalkvand (Kalkwasser)			Kalkstensmel (Kalksteinmehl)
	A_1	A_2	A_3	B
	Reaktionstid 4 t. Rystetid 1 t. (Reaktionszeit 4 St. geschüttelt 1 St.)	Reaktionstid 24 t. Rystetid 4 t. (Reaktionszeit 24 St. geschüttelt 4 St.)	Reaktionstid 48 t. Rystetid 8 t. (Reaktionszeit 48 St. geschüttelt 8 St.)	Reaktionstid 21 dgr. (Reaktionszeit 21 Tage)
2.5 (8)	—	—	—	4.10
5.0 (9)	4.19	4.25	4.20	4.24
7.5 (10)	4.46	4.35	4.37	4.40
10.0 (11)	4.58	4.55	4.56	4.55
12.5 (12)	4.80	4.72	4.73	4.74
15.0 (13)	5.00	4.89	—	4.89
20.0 (14)	5.34	5.11	5.20	5.10
25.0 (15)	5.69	5.41	5.40	5.36
30.0 (16)	6.07	5.56	5.58	5.55
37.5 (17)	6.60	5.96	—	5.79
50.0 (18)	7.69	6.50	6.51	6.21

den var meget sur, idet dens aktuelle pH laa ved 3.7. Titrering med kalkstensmel og kalkvand blev foretat som omtalt for forrige prøve. Fig. 25, kurve B, viser at en reaktionstid av bare 1 døgn er utilstrækkelig til neutralisering av kalkstensmelet, bortset fra smaa mængder. En reaktionstid av 21 døgn (kurve B_2) gir derimot, sammenlignet med kalkvandskurven A, neutralisering av kalkstensmelet helt op til 33.5 cm.^{3} 0.1 n. $Ca(HO)_2$, hvad der svarer til 37.5 kg. CaO pr. dekar og 1 cm.'s dyp.

Et tredje forsøk med neutralisering av kalkstensmelet er utført med den sandholdige torvjord fra feltet Hove II, som tidligere er nævnt. Jorden blev indsendt 27. september 1930, og paa grund av den forangaaende lange tørkeperiode indeholdt den litet vand. Vandindholdet var nemlig bare 43.2 %. To prøver samlet paa samme felt 28. april 1931 hadde for det øverste 10 cm.'s lag et vandindhold av 52.57 %, glødetap 19.57 %, aske 27.85 % og $\frac{G}{A} = 0.7$. Prøven er altsaa askerik torvjord. Dens aktuelle pH er 3.88.

Prøven blev behandlet med kalkvand og kalkstensmel som for foregaaende prøver nævnt. Fig. 26 og tab. 20 viser resultatene[1]). Kurve A_1 gjælder kortvarig

[1]) Jorden blev selvfølgelig i kalkstensmelforsøket som vanlig tilsat vand til nær vandmætning.

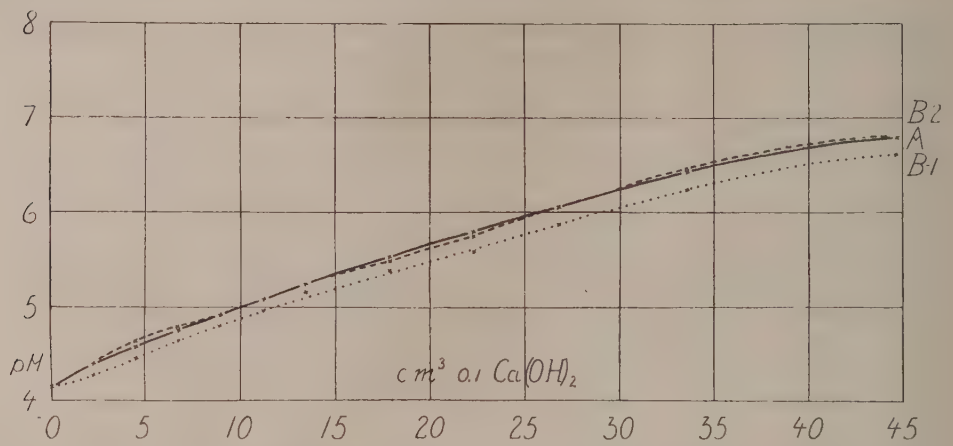


Fig. 27. Titreringssammenligning mellem kalkvand og kalkstensmel i Ca-ekvivalente mængder. Jord fra feltet Moldestad i Selje. A titreret med kalkvand, $B_1 - B_2$ titreret med kalkstensmel og her B_1 med reaktionstid 15 døgn og B_2 med reaktionstid 62 døgn.

(Titrierungsvergleich zwischen Kalkwasser und Kalksteinmehl in Ca-equivalenten Mengen. A mit Kalkwasser titriert, B_1—B_2 mit Kalksteinmehl titriert und zwar B_1 Reaktionszeit 15 Tage und B_2 Reaktionszeit 62 Tage.)

forsøk med en reaktionstid mellem kalkvand og jord paa bare 4 timer, hvorav rystning i 1 time. Som man ser ligger kurven i hele sin længde over kurve A_2, og den korte reaktionstid av 4 timer er altsaa helt utilstrækkelig. En reaktionstid av 24 timer, hvorav rystetid 4 timer, gir kurve A_2, og denne betegner fuld neutralisering, idet en parallelrække A_3 med 48 t. reaktionstid, hvorav rystetid 8 t., har git værdier som ligger saa nær A_2-værdiene at kurvene falder helt sammn (se tabel 20). Kalkstensmelet har i dette forsøk hat en reaktionstid med jorden av 21 dage, og dette er, som kurve B viser, tilstrækkelig til neutralisering helt op til en kalkmængde svarende til 250 kg. CaO pr. dekar og 10 cm.'s dybde.

Tilslut skal her medtas et fjerde forsøk med kalkstensmel, utført med jord fra det før nævnte bearbeidnings- og luftningsfelt paa Moldestad i Selje. Jorden blev indsendt høsten 1929, men laa ubearbeidet i laboratoriets kjælder til mai 1930. Den er tat i vaat myr utenfor feltet og hadde før forsøket i mai 1930 et vandindhold av 77.6 %, glødetap 19.2 %, aske 3.1 % og $\frac{G}{A} = 6.2$. Dens aktuelle pH var da 4.14. Som man ser av fig. 27 og tab. 21 er en reaktionstid av 15 døgn (kurve B_1) ikke tilstrækkelig til neutralisering av kalkstensmelet. Derimot er 62 døgn (kurve B_2) helt tilstrækkelig selv til de største kalkstensmængder, som representerer 500 kg. CaO pr. dekar og 10 cm.'s dybde. Kalkvandskurven (A) og kalkstensmelkurven (B_2) følger hinanden her saa nøie at de bare har kunnet indtegnes, naar man ikke foretar de smaa utjevninger som burde ha været gjort for den sidste. Denne jord maa altsaa ha en meget sterkt oplosende evne paa kalkstensmelet.

Tab. 21. P_H-værdier efter neutralisering med kalkvand (A-kurve) og kalkstensmel (B-kurver) for myrjord fra Moldestad, Selje.

(P_H-Werte nach Neutralisierung mit Kalkwasser (A-Kurve) und Kalksteinmehl (B-Kurven). Moorboden, Moldestad, Selje.)

Svarer til kg CaO pr. dekar og 1 cm's dybde (Entspricht Kg CaO pr. dekar und 1 cm's Tiefe)	Kalkvand (Kalkwasser)	Kalkstensmel (Kalksteinmehl)	
	A	B_1	B_2
	Reaktionstid 48 t. (Reaktionszeit 48 St.)	Reaktionstid 15 dgr. (Reaktionszeit 15 Tage)	Reaktionstid 62 dgr. (Reaktionszeit 62 Tage)
2.5 (8)	4.36	4.27	4.40
5.0 (9)	4.52	4.45	4.64
7.5 (10)	4.66	4.64	4.79
10.0 (11)	4.89	4.80	4.89
12.5 (12)	5.02	4.94	5.05
15.0 (13)	5.21	5.16	5.20
20.0 (14)	5.50	5.37	5.47
25.0 (15)	5.80	5.58	5.72
30.0 (16)	6.05	5.85	6.04
37.5 (17)	6.39	6.21	6.42
50.0 (18)	6.79	6.60	6.80

Av fig. 24, 25 og 27 ser vi at titreringskurvene med kalkstensmel saa at si litt efter litt hæver sig op til samme høide som kalkvandkurven. Det kurvebillede man derved faar minder meget om fig. 1 i en avhandling av Percival (1931). Percival undersøker betydningen av luftning ved titrering med kalkstensmel. Han kommer til det resultat at den ved kalkstensmelets neutralisering dannede CO_2 vil nedsætte pH-verdiene, og titreringskurvene derfor hæves eftersom der luftes under rystningen av den med vand og $CaCO_3$ tilsatte jord. Percivals beskrivelse av forsøkene er desværre noget kortfattet, men det synes sandsynlig at den anvendte luftning som foregaar ved gjennembobling nedenfra samtidig gir en betydelig omrystningseffekt og at det er denne som i virkeligheten ligger til grund for »luftningens« virkning. En nærmere efterprøvning av Percivals resultater kræver specialkonstruerede rystekar og den er av den grund foreløbig ikke kommet til utførelse. Det synes imidlertid litet rimelig at B-kurvenes hævning i mine forsøk kan skyldes en avgiven av CO_2. Jorden staar i glas med vel tilslepne glaspropper og det er ikke rimelig at større CO_2-mængder undviger fra glasset under reaktionstiden. Indtil videre maa B-kurvenes gradvise hævning tas som uttryk for at det tilsatte $CaCO_3$ først litt efter litt reagerer med jorden.

De her anførte forsøk viser altsaa at vore sure myr- og lyngmarkjorder reagerer forholdsvis hurtig med det finmalte kalkstens-

mel, og at kalkstensmelet i laboratorieforsøk selv i større mængder virker like saa hurtig neutraliserende som kalkvand ($Ca(OH)_2$). I hvilken grad disse resultater kan overføres i praksis er avhængig av jordens art, dens vandindhold og ikke mindst av en nøiagtig indblanding i jorden. Med hensyn til jordens art er det at merke at denne hurtig opløsende evne paa kalkstensmelet selvfølgelig først og fremst findes hos sterkt sure, umættede jordarter, som de der her er benyttet. Med stigende pH (bedre jordkvalitet) vil opløsningen (neutraliseringen) ta længere tid, men saa kræver jo til gjengjæld slike jordarter mindre kalkmængder. Jordens vandindhold er av stor betydning. I disse laboratorieforsøk er jorden tilsat saa meget vand at den er nær vandmættet, og dette forhold har sikkert sin væsentlige del i den raske opløsning av kalkstensmelet. I vort Vestlandsklima vil vi i vinterhalvaaret ha rikelig nedbør, og jorden vil sikkert i tilstrekkelig lang tid være nok vandmættet til at kalkstensmelet kan opløses. Maanedene april, mai og juni er derimot som regel noksaa tørre, jordens vandindhold er i disse maaneder ofte langt fra vandmættet, og kalkstensmelets opløsning kan av denne grund nedsættes. Det maa derfor sterkt anbefales at det meste ($^4/_5$) av kalkstensmelet nedharves tidlig paa vinteren slik at det faar godt av nedbøren i januar—februar. Den sidste $^1/_5$ av kalken kan saa nedmuldes like før saaningen. Ved forsøkene i laboratoriet er kalkstensmelet nøie og fint indblandet i jorden, og dette er ogsaa en betingelse for hurtig reaktion. Hovedmængden av kalken maa nedharves portionsvis med mange harvdrag, slik at den blir fint og jevnt fordelt i jorden. Tar man de her nævnte forholdsregler: tidlig og god nedharvning, vil man faa fuld virkning av kalken allerede første aar, og det er paa vore sure lyng- og myrmarker en væsentlig betingelse for at faa et godt og holdbart græsdække og godt utviklet kløver.

Resultatet av de her nævnte forsøk: at kalkstensmelet er meget vel opløselig naar det først er finmalet er i fuld overensstemmelse med andre utenlandske forsøk fra de senere aar. Det er ikke plads til at referere al den herhen hørende litteratur. Det er heller ikke nødvendig, da mange forsøk gjælder andre kalkstensmelsorter og andre jordtyper end vi har. Dette gjælder fremforalt franske, amerikanske (Pierre 1930) og en række tyske arbeider. Et enkelt blandt disse sidste kan nævnes: Tacke (1913) anbefaler netop for jordtyper som ved sit høie organiske indhold staar i klasse med vore vestnorske, finmalet mergel eller andre former av $CaCO_3$ fremfor brændt, læsket kalk. Av størst interesse er imidleritd Tuorilas (1926—1928) undersøkelser over en række finske torvjordarters neutralisering ved kalciumkarbonat. Tuorila kommer til det resultat at $Ca(OH)_2$ og $CaCO_3$ har samme neutraliseringsevne op til pH = 6.0, og de titreringskurver av jord som man faar med dem, falder helt sammen op til denne værdi. Og i de praktiske forsøk, hvor der kalkes med kalkstensmel op til værdier som ikke ligger over pH = 6.3, faar han samme pH-værdier som ved titreringsforsøk i laboratoriet med samme jord, hvad enten der til disse benyttes $Ca(OH)_2$ eller $CaCO_3$. Kalk-

faktoren er altsaa = 1. Ønsker man derimot at kalke til høiere pH-værdier, eventuelt op til pH = 6.8—7.4, blir forholdet et andet. Her vil titreringskurvene for $Ca(OH)_2$ og $CaCO_3$ heller ikke i laboratoriet falde sammen, idet den sidste ligger betydelig lavere, og kalkstensmel maa i disse tilfælder i praksis tilføres jorden i større mængder end $Ca(OH)_2$-kurven sier, m. a. ord kalkfaktoren er større end 1.

Tuorila utfører en række forsøk for at se hvor hurtig de sure jordarter opløser det tilsatte kalciumkarbonat (Chem.: »Zur Analyse«). Av hans forsøk fremgaar det at smaa mængder som ikke bringer den endelige reaktion op over pH = 4, løses i løpet av mindre end 10 min. Tilsættes imidlertid saa store mængder at reaktionen bringes op til pH = 5, tar opløsningen en time; og neutraliseres til pH = 6.0, trænges ca. 3 timer til kalciumkarbonatets opløsning. Vil man neutralisere op til pH = 6.7 kræves 3—4 døgn for at opnaa endelig likevekt, d. v. s. kalciumkarbonatets opløsning. Naar Tuorila her finder en saa hurtig opløsning, kommer det av at han bruker det fint fordelte kemiske præparat, som nok er mere finkornet end almindelig kalkstensmel. Mindre gunstig for opløsning vil forholdene være hvor der, som i mine forsøk, brukes kalkstensmel i vanlig fabrikvare, men allikevel løses altsaa store mængder av dette i løpet av 1—2 maaneder.

Et tilbakeblik paa de første avsnit i denne meddelelse vil bl. a. vise at vi i en række felter, selv 8—9 aar efter kalkningen har en reaktion i overflaten som ligger dels omkring pH = 6.0, dels mellem 6.0 og 6.5. Dette gjælder jordarter med meget organisk substans hvor kalken er sterkt adsorberet. Andre felter, som det ældre felt paa Tveit, har litet organisk substans og nu en lavere pH. I de nyere felter, hvor kalkningen er utført for 3 aar siden, har den største kalkmængde, 450 kg. CaO pr. dekar, git en pH som dels ligger over, dels omkring 7.0. I mange felter, baade av de nyere og de ældre, er der i rutene med høieste kalkmængde endnu betydelige rester av uopløst kalk i de øvre jordlag. Det kan derfor indvendes at jorden her endnu ikke er bragt til endelig neutraliseringslikevegt fordi kalken er ujevnt nedbragt. Dette er neppe rigtig, idet det er sandsynlig at disse jordreaktioner med pH = ca. 7.0 eller litt mere, er bestemt av en likevegtstilstand mellem kalk, jordens kulsyre og andre forbindelser, som tilsammen danner et buffersystem, hvis reaktion under givne forhold ligger ved denne pH.

En lang række forfattere har beskjæftiget sig med reaktionsforholdene i kalket jord, og det vil her føre altfor langt at gi selv bare en kort oversigt over det materiale som foreligger. Nogen faa undersøkelser skal dog nævnes.

Bjerrum og Gjaldbæk har (1919) foretat omfattende maalinger til bestemmelse av H-ionkoncentrationen i opslemminger av kalciumkarbonat. Denne varierer sterkt med kulsyretrykket og med mængden av Ca-ioner Efter disse forfatteres maalinger kan kalciumkarbonatopslemmingen ha saavel sur som basisk reaktion. I vandig opslemming vil reaktionen være pH = 6.92 ved 0.05 atm. CO_2,

pH = 7.43 ved 0.01 atm. CO_2 og pH = 7.82 ved 0.002 atm. CO_2. Ved vanlig lufts kulsyreindhold, 0.00032 atm., er en kalciumkarbonatopslemmings pH = ca. 8.4.

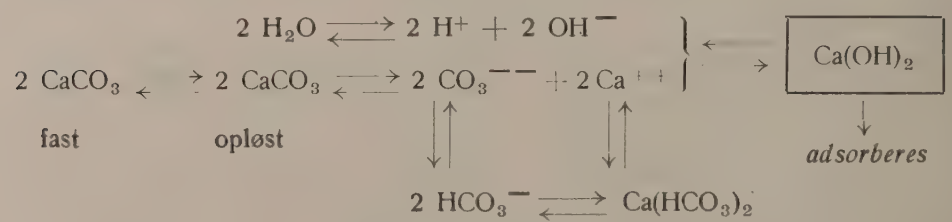
M a i w a l d (1928) har efter en række andre forfattere sammenstillet en tabel med reaktions- og opløselighetsforhold i systemet CO_2—$CaCO_3$.

	CO_2 i vol. %	CO_2-opløsning		$CaCO_3$-opløsning	
		Gram CO_2 ved 18° C i 1 liter vand	Opløsningens pH	Gram $CaCO_3$ i 1 liter vand	Opløsningens pH
CO_2-fri	0.00	—	7.07	0.0131	10.23
Luftens CO_2-indhold	0.03	0.00054	5 72	0.0627	8.48
Middels høit CO_2-indhold i jordluft	0.30	0.0054	5.22	0.1380	7.81
Høit CO_2-indhold i jordluft	1.00	0.0179	4.95	0.2106	7.47
Rent CO_2	100.00	1.7870	3.95	1.0577	6.13

Som man ser har en opslemming av $CaCO_3$ i r e n t vand en pH = 10.23, mens den opslemmet i vand i likevegt med luften har en pH = 8.48 og i vand i likevegt med et midlere CO_2-indhold i jordluft en pH = 7.81. Denne sidste værdi vil dog i jord sænkes betydelig, idet andre forbindelser (organiske) trær ind i reaktionen mellem CO_2 og $CaCO_3$ og skaper et andet likevegtsforhold med lavere pH.

Med hensyn til kalciumkarbonatets opløsning og kalkens adsorbtion er der forskjellige meninger.

M a t t s o n (1922 og 1928) hævder at av hydroxyder vil baade anion og kation adsorberes. Gjælder det saaledes $Ca(OH)_2$ vil hydroxylet (OH) adsorberes sterkt til jordpartiklene, disse lades derved negativt og blir istand til at adsorbere de positive Ca-kationer. Ved blanding av kalciumkarbonat og et adsorberende kompleks f. eks. jord faar man følgende reaktionsligning:



Efter denne opfatning danner de smaa mængder opløst $CaCO_3$ ved hydrolyse $Ca(OH)_2$ som adsorberes meget sterkt, slik at dets koncentration blir meget liten.

Likevegtsforholdet forskyves, og for hver ekvivalentmængde adsorberet $Ca(OH)_2$ gaar en ekvivalentmængde bikarbonat i opløsning. Adsorbtionen av hydrolyseproduktet $Ca(OH)_2$ fører altsaa til stadig forskyvning av likevegtsforholdet, og opløsningen av kalciumkarbonatet fortsætter indtil der er indtraadt likevegt mellem $Ca(OH)_2$ og det adsorberende kompleks i jorden. Dette princip for kalciumkarbonatets adsorbtion er ikke bragt i anvendelse av andre forfattere. De fleste ser i kalciumkarbonatets opløsning en neutraliseringsproces, og Askenasi og Jarussow (1927) formulerer processen slik:

$$\boxed{\text{Jord}}\ 2\,H + CaCO_3 \rightleftarrows \boxed{\text{Jord}}\ Ca + H_2O + CO_2 \qquad (1)$$

og

$$H_2O + CO_2 + CaCO_3 \rightleftarrows Ca(HCO_3)_2 \qquad (2)$$

Vi faar altsaa et likevegtsforhold hvor Ca-bikarbonatet optrær, og reaktionsforholdet blir her avhængig av tilgangen paa CO_2 og $CaCO_3$.

Betydningen av CO_2 for reaktionen har været drøftet av en række forskere. Allerede Sharp og Hoagland (Sharp og Hoagland 1916 og Hoagland og Sharp 1918) har indgaaende studeret dette. De er kommet til det resultat at i sur jord har CO_2 ingen indflydelse paa jordreaktionen, idet organiske syrer da er dominerende. I alkalisk jord derimot er reaktionen i høi grad avhængig av forholdet mellem gasformig CO_2 i opløsning, CO_3''-ioner og HCO_3'-ioner, og forfatterne hævder at HCO_3'-ioner spiller en avgjørende rolle for jordens alkaliske reaktion. CO_2 har ingen indflydelse paa vandig uttræk av sure jordarter (pH = 4.0—4.5). Ved mindre sure jordarter blir reaktionen under indflydelse av CO_2 forskjøvet i sur retning, og ved alkalisk jord er denne forskyvning saa utpræget, at reaktionen i en jord med pH = 9.7 under indflydelse av CO_2 blev bragt ned til pH = 7.3.

Efter Arrhenius (1924) har CO_2 ingen indflydelse paa reaktionen av jord ved pH = 6.5 og 7.2. Carsten Olsen derimot (1921) konstaterer at H-ionkoncentrationen avtar i jordekstraktene (pH stiger) naar kulsyren utdrives ved gjennemluftning med kulsyrefri luft. Det er dog bare ved pH-værdier større end 4 at dette finder sted. Omkring neutralpunktet er forskyvningen av pH ca. 0.6 enheter naar CO_2 fjernes, men ved pH = 5.2 er forskyvningen bare ca. 0.2 enhet. Som vi senere skal se, stemmer dette godt med de forhold som er fundet i et forsøk som omtales nedenfor og som er fremstillet i fig. 28.

Hos Tillmans (1919) finder man sammenstillet i en tabel pH-værdier for en række forhold mellem kulsyre og bikarbonat. Av denne fremgaar det at H-ionkoncentrationen i den rene bikarbonatopløsning svarer til pH = 8.3, mens den i en opløsning av ren CO_2 er pH = 4.5. I systemet $CO_2 + HCO_3'$ kan altsaa pH svinge mellem disse værdier. Jo høiere CO_2-mængden er ved konstant HCO_3'-mængde jo lavere pH, og jo mere HCO_3' ved konstant CO_2-mængde jo høiere pH.

I almindelig jord eller i jord gjødslet med $CaCO_3$ kan reaktionen ikke stige over pH = 8.3.

Bobko og Druschinin (1925) diskuterer indgaaende betydningen av CO_2 og bikarbonatforholdet. I en opløsning av CO_2 i vand bestemmes H-ionkoncentrationen av formelen:

$$\left[H^{\bullet}\right] = \sqrt{K\ (\text{fri } CO_2)} \qquad (1)$$

hvor K er kulsyrens dissosiationskonstant ($= 3.10^{-7}$ og (fri CO_2) er koncentrationen av fri CO_2 i opløsningen i mol. pr. liter.

Som regel er imidlertid ogsaa bikarbonater tilstede, og da disse kan forutsættes totaldissocieret, kan deres koncentration sættes lik koncentrationen av HCO_3'-ioner.

Man faar da:

$$\left[\ H^{\bullet}\ \right] = K\ \frac{\text{konc. fri } CO_2}{\text{konc. bikarbonat}} \qquad (2)$$

Med grundlag i denne formel beregnes pH-værdier for vandige uttræk av jord, og det viser sig at ved kalket jord som indeholder lite humus, stemmer de saaledes beregnede værdier med dem som maales. Man kan derfor gaa ut fra at i kalket, humusfattig jord er det bikarbonatbuffersystemet som bestemmer reaktionen. Anderledes er det i jord som har meget humus. Der vil organiske forbindelser træ ind i likevektssystemet, og pH vil selv i jord med høit $CaCO_3$-indhold kunne synke ned til pH = 7.0 eller lavere. I ikke kalket jord er forholdene helt andre, og det er her andre forbindelser som danner buffersystemet. Disse forbindelsers art og sammensætning varierer meget fra jord til jord, og nogen beregning av pH er her foreløbig helt umulig.

Kap. 4. Kalktrang og kalkfaktor.

Utallige forsøk og mange metoder har været sat ind for at bestemme den kalkmængde som maa tilføres en jordart for at skape en heldig reaktion og en gunstig jordbundstilstand. Vi kan her ikke gaa nærmere ind paa alle disse metoder og forsøk. Mange av dem bygger ensidig paa visse jordtyper og er derfor ubrukelige for andre typer, atter andre er i liten overensstemmelse med vort nuværende kjendskap til de adsorberende jordkomplekser, slik som det f. eks. er formet i en lang række vigtige avhandlinger av Mattson (1932)[1]).

De mange i forslag bragte metoder gir hver litt besked om jordens kalkkrav, men neppe nogen av dem gir hel besked, og metoden for kalktrangsbestemmelse maa som regel skifte fra jordtype til jordtype. I et av de sidste arbeider paa omraadet, Dammermanns (1932), fremhæves at generelt anvendelige metoder her ikke findes . Daikuharas kjendte metode til bestemmelse av utbytningsaciditeten er tilfredsstillende for sandjorder, og Kappens bestemmelse av den hydrolytiske aciditet er brukbar for tyngre jord. Men begge slaar klik ved bestemmelse av kalktrangen for myrjord. Her skulde Tacke-Arnds metode træ istedet, men den synes i flere tilfælder at gi for høi kalkmængde og er fremforalt saa omstændelig at den ikke kan brukes ved masseundersøkelser. Gehrings metode er likeledes saa omstændelig at den ikke kan faa videre anvendelse, og Goys metode er heller ikke ganske rask og trods enkelte fordele ikke brukbar. Hutchinsons metode er i visse henseender mindre brukbar end Kappens og har ingen fordele fremfor denne. Hudigs metode diskuteres ikke. Dammermann kommer derfor til det resultat at av alle metoder til bestemmelse av de nødvendige kalkmængder er den elektrometriske titreringsmetode den eneste som kan ansees for virkelig eksakt. Denne metode anbefales derfor for al myrjord (og vel ogsaa for andre raahumustyper), mens Daikuharas og Kappens for sin noget større letvindthets skyld anbefales for andre jordarter.

Den elektrometriske titrationsmetode efter Tovborg Jensen er som tidligere nævnt kun en modifikation av den av Gaarder og Hagem (1921)

[1]) I litteraturfortegnelsen til denne avhandling finder man de fleste av Mattsons avhandlinger nævnt.

foreslaaede og utførte titreringsmetode med HCl og kalkvand og optegning av titreringskurver i overensstemmelse med den av Bjerrum og Gjaldbæk (1919) givne anvisning. Tovborg Jensens modifikation bestaar i en efterbehandling med CO_2 for at bringe det overskytende $Ca(OH)_2$ over i karbonatform. Derved er det meningen at skape den tilstand og den reaktion som vil indtræ i jorden efterat kalk er tilført som $Ca(OH)_2$, idet denne forbindelse relativt hurtig gaar over i $CaCO_3$, og den maximalt opnaaelige reaktion derved begrænses til pH = 8.4. Den ved titreringskurven bestemte kalkmængde maa imidlertid multipliceres med en faktor for at gi den kalkmængde som trænges i praksis paa marken for at opnaa den ønskede reaktion. Denne kalkfaktor bestemmer Tovborg Jensen til ca. 3, d. v. s. den kalkmængde som titreringskurven angir, maa i praksis tas 3 gange saa stor for at faa den ønskede pH i jorden.

Bestemmelsen av denne kalkfaktor er sikkert en meget problematisk ting. Tuorilas og ovenfor nævnte egne undersøkelser viser at fint kalkstensmel indenfor rimelige mængdegrænser neutraliseres like fuldstændig som kalkvand, og dette sidstes virkning maa jo ansees for at gaa saa totalt tilende som likevegtsforholdet i hver jordtype tillater. Der er ingen grund til at anta at ikke neutraliseringen i jorden skulde foregaa paa samme maate som i laboratoriet, hvis bare kalkens indblanding i jorden kunde gjøres like nøiagtig i marken som i laboratoriet, og en eventuel utvaskning kunde hindres. Naar Tovborg Jensen og andre beregner virkning av kalken ned til 20 cm. er det vel for almindelig praksis neppe stemmende med forholdene. I almindelig jordbruk blir vel kalken sjelden jevnt fordelt i de øverste 20 cm. Enten bringes den ved pløining dypt eller den blir ved harvning i overflatelagene. Fra disse kan den vaskes nedover hvis det er mineralrik, svakt sur jord, men i sur humusrik jord blir den i sin basiske form der hvor den er anbragt, og utvaskes først efter omdannelse til neutralsalt. Baade her og i bestemmelsen av jordens volumvegt er der feilkilder, og denne sidste størrelse bør sikkert bestemmes for hver enkelt jord. Disse og andre mulige »feilkilder« er det sikkert som fører til en saa høi kalkfaktor som 3. Hertil kommer saa at Tovborg Jensen ved sine forsøk neutraliserer op til ca. neutral reaktion (pH = 6.8—7.4) og for en stor del bruker jordtyper som bare er svakt sure til næsten neutrale (pH 5—6.8). Det er rimelig at den »neutraliserende kraft« av slike jordarter oppe mot neutralpunktet er liten, og at kalken i større utstrækning her vil være gjenstand for utvaskning, m. a. o. kalkfaktoren er her stor. Er derimot utgangspunktet sterkt sure jordarter med pH mindre end 5 og ofte omkring 4 eller lavere, vil kalken adsorberes meget sterkere før det kommer til likevegtstilstand, og især hvis man her bare søker jorden neutraliseret op til pH = 6—6.5, vil sikkert kalkfaktoren bli betydelig mindre end av Tovborg Jensen angit.

Der knytter sig en betydelig interesse til bestemmelsen av denne kalkfaktor. Men for vore vestnorske sure humusjordarter har det i ethvert fald til beitebruk neppe nogen interesse at bestemme kalkfaktoren for neutralisering op til pH = 7—7.5. Hvad vi trænger er at kjende kalkfaktoren op til pH = 6.0—6.5,

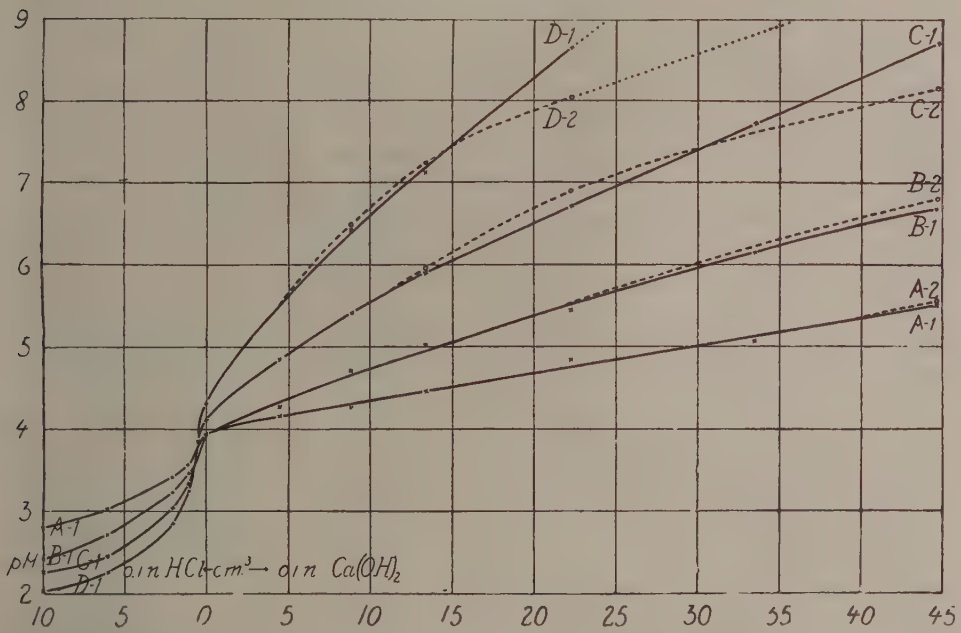


Fig. 28. Titreringskurver for forskjellig store jordprøver av en og samme jord. Kurve A_1—A_2 for 50 gr, kurve B_1—B_2 for 25 gr, kurve C_1—C_2 for 12.5 gr og kurve D_1—D_2 for 6.2 gr jord. Helt uttrukne kurver (A_1—B_1—C_1—D_1) pH- bestemt efter titrering i lukkede glas, strekede kurver (A_2—B_2—C_2—D_2) pH-bestemt i samme glas efter 48 timers luftning, hvorav 6 timer rystning.

(Titrierungskurven für ungleich grosse Proben aus demselben Boden. In Kurven A_1—A_2 sind 50 gr Erde, in Kurven B_1—B_2 25 gr, in Kurven C_1—C_2 12.5 und in Kurven D_1—D_2 6.2 gr Erde titriert worden. Die ganz ausgezogenen Kurven (A_1—B_1—C_1—D_1) beziehen sich auf pH-Bestimmung nach Titrierung in geschlossenen Gläsern, die gestrichelten Kurven (A_2—B_2—C_2—D_2) dagegen auf pH-Bestimmung in denselben Gläsern nach 48 St. Durchlüftung, wobei 6 St. geschüttelt wurde.)

idet denne reaktion maa antas at være tilstrækkelig. I den store mængde titreringskurver som er tat op ved det her behandlede materiale, er der ogsaa søkt at finde grundlag for bestemmelsen av en kalkfaktor. Til bestemmelse av en jordarts titreringskurve er anvendt den av Gaarder og Hagem (1921) beskrevne metode og ikke Tovborg Jensens modifikation. Denne sidste er sen og omstændelig, og den er desuten unødvendig. Titreringskurvens beliggenhet er nemlig i høi grad avhængig av den anvendte jordmængde, og det er en let sak, i ethvert fald i alle vore humusrike jordarter at anvende saa meget jord at selv større kalkvandmængder blir helt neutralisert, og der saaledes ikke blir noget frit $Ca(OH)_2$ tilbake, som maa omdannes til $CaCO_3$ ved gjennemledning av CO_2. Kurvene ligger da hele tiden under $pH = 7$, og den eneste forandring som en gjennemluftning, d. v. s. indstilling til luftens CO_2-indhold medfører er at kurven hæves litt, idet der ofte er mere kulsyre i jorden end der svarer

til likevegt med luften. Fig. 28 tjener til belysning av disse forhold. Den fremstiller titreringskurver for forskjellige mængder av én og samme jord. I A-kurvene er hver jordprøve 50 gr., i B-kurvene 25 gr., i C-kurvene 12.5 gr. og i D-kurvene 6.2 gr. De helt optrukne kurver ($A_1 — B_1 — C_1 — D_1$ er titreringsresultater for jord i lukkede pulverglas efter 48 timers reaktionstid med 4 timer rystning. De strekede kurver ($A_2 — B_2 — C_2 — D_2$) gir pH-værdiene i samme glas efter at de, efter den første pH-bestemmelse, har staat aapne i 48 timer og herunder er rystet 6 timer for at paaskynde luftningen. Som man ser har gjennemluftningen kun betydning for de to serier med de mindste jordprøver (C og D), hvor de tilsatte kalkvandmængder har bragt pH op over 7.5. Her er al CO_2 adsorberet av overskytende $Ca(OH)_2$ og gjennemluftning med tilgang paa CO_2 omdanner først $Ca(OH)_2$ til $CaCO_3$ og vil dernæst virke med i støtputesystemet CO_2-bikarbonat, hvor øket CO_2-mængde sænker pH-værdien[1]). Vi kommer her ned i den samme likevegtstilstand med pH = ca. 7.3 som nævnt av Hoagland og Sharp, og som er omtalt ovenfor. Ved de større jordprøver (A og B) har selv største kalkvandmængde (100 kg. CaO pr. dekar og 1 cm.'s dybde) ikke bragt pH over 7.0, og en gjennemledning av CO_2 har her ingen hensigt. En gjennemluftning derimot som bringer CO_2likevegt med luft, er paa sin plass, men den spiller for praksis ingen større rolle, da de forandringer den gir titreringskurven, er relativt smaa. Man ser nemlig i alle kurver, fra pH = ca. 5.5 og op til ca. 7.5, en svak hævning av kurven som følge av gjennemluftningen, idet kulsyre gaar bort, og opløsningen kommer i likevegt med luften. Dette stemmer ganske godt med Carsten Olsens resultater, omend hævningen av pH-værdien i hans forsøk, som tidligere er nævnt, var litt større (max. 0.6 pH-enhet). Dette beror vel paa at han luftet med CO_2-fri luft, mens her er luftet til likevegt med luftens CO_2-indhold. Forsøket viser at man ved at titrere store nok jordmængder helt undgaar at der blir overskytende kalkvandmængder, og derved falder den tidsspillende CO_2-behandling bort. En jordmængde som den der er anvendt til B-kurven, altsaa 25 gr., som her svarer til 25 cm.³ jord, synes at være fuldt brukbar for jordtyper av denne art. Som ventelig kan være, er der en nøie sammenhæng mellem de i hver av disse kurver fundne pH-værdier og de anvendte kalkvandmængder. I kurve A gir x cm.³ 0.1 n $Ca(OH)_2$ samme pH-værdi som $\frac{X}{2}$ cm.³ i B-kurven, hvor bare den halve jordmængde kommer til anvendelse. Det samme gjælder for kurve B i forhold til C og for kurve C i forhold til D. Saaledes viser kurvene:

40 cm.³	0.1 n	$Ca(OH)_2$	gir i	A	pH = 5.15
20	—»—	—»—	—	B	pH = 5.17
20	—»—	—»—	—	A	pH = 4.68
10	—»—	—»—	—	B	pH = 4.72

[1]) For kurve D er gjennemluftningen ikke ført helt tilende.

Fremdeles finder vi:

40 cm.³	0.1 n	$Ca(OH)_2$	gir i	B	pH = 6.48
20	—»—	—»—	—	C	pH = 6.50
30	—»—	—»—	—	B	pH = 5.96
15	—»—	—»—	—	C	pH = 6.05
40	—»—	—»—	—	C	pH = 8.28
20	—»—	—»—	—	D	pH = 8.27
30	—»—	—»—	—	C	pH = 7.40
15	—»—	—»—	—	D	pH = 7.43

Derimot er der ikke overensstemmelse ved de lave kalkvandmængder naar B sammenlignes med C- og D-kurvene. Vi finder f. eks.

20 cm.³	0.1 n	$Ca(OH)_2$	gir i	B	pH = 5.37
10	—»—	—»—	—	C	pH = 5.53

Dette kommer derav at den aktuelle pH her som følge av fortyndingen stiger betydelig fra B til C og D. Men forøvrig er altsaa overenstemmelsen mellem de enkelte titreringskurver paafaldende god, og den viser med hvilken stor nøiagtighet titrering og indstilling finder sted i disse jordprøver. Av denne grund kan man altsaa hævde at grundlaget for kalktrangbestemmelsen er meget godt ved slike elektrometriske bestemmelser. Svakheten er først og fremst vanskeligheten ved at faa kalkstensmelet jevnt fordelt i jorden og indblandet til en bestemt paa forhaand fixeret dybde.

Den i dette forsøk anvendte jord er tat fra 0—15 cm. under overflaten i opdyrket myr, som nu er tæt græsbevokset. Jorden er med undtagelse av de øverste 2 cm. helt uformuldet torvjord, nærmest av brændtorvtypen. Den viste et vandindhold av 80.0 %, glødetap 18.1 %, aske 1.9 % og $\frac{G}{A} = 9.5$.

Selv om mange av vore humusrike jordarter ikke er saa sterkt kalkadsorberende som denne prøve, har det dog vist sig at man ved at titrere prøver à 25 cm.³ som regel faar titreringskurver, som, indenfor de i praksis brukte kalkmængdegrænser, ligger under de pH-værdier hvor $Ca(OH)_2$ kan antas at være tilstede, og en CO_2-behandling er da unødvendig eller vel nærmest misvisende.

Desværre byr ingen av de mange kalkningsruter paa vestnorske beitefelter paa noget godt materiale til bestemmelse av kalkfaktoren. For det første er titreringskurvene for den urørte jord og pH-bestemmelsene i de kalkede ruter utført mange aar efter kalkningen og gir derfor intet rigtig billede av forholdene slik som de oprindelig var. Dernæst er kalken blandet saa ujevnt og unøiagtig med jorden at den utvilsomt i mange ruter endnu er uopløst som klumper av $CaCO_3$. Og endelig er kalken nedbragt til saa liten dybde at den reaktion den har frembragt, ligger ved eller betydelig over neutralpunktet. Alt i alt er det umulig paa grundlag av disse markforsøk at vente nogen eksakt bestemmelse av kalkfaktoren. Den kalk-

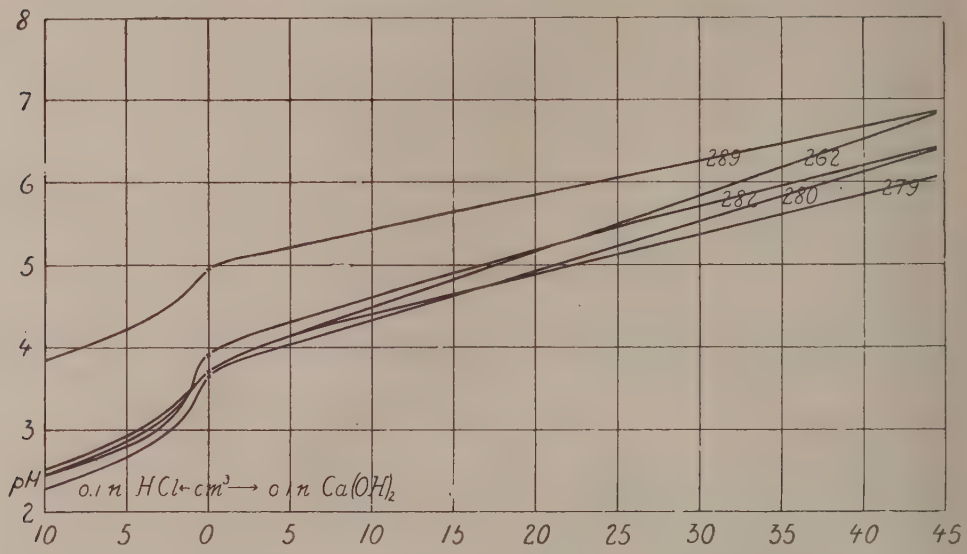


Fig. 29. Karakteristiske titreringskurver for myrjord (25 cm³ jord titreret).
(Charakteristische Titrierungskurven für Moorböden, 25 cm³ Boden titriert.)
262 Strømmen, Askvoll, 279 Loftheim, Askvoll, 280 Ketilsvik gamle felt, Gulen, 282 Skeiseidet i Førresfjord pr. Haugesund, 289 Dommersnes pr. Haugesund.

mængde som kræves til vore vestlandske jordtyper, er imidlertid naar det gjælder tidligere udyrket mark, som regel meget stor. I fig. 29—30—31 er fremstillet titreringskurver for hovedtyper av udyrket jord. Fig. 29 viser forskjellige typer av myrjord. De 4 underste kurver gjælder vanlig sur myr hvor grundlaget for torvdannelsen vel mest er *Sphagnum-*, *Eriophorum-* og *Scirpus*-arter. Som man ser ligger deres aktuelle pH i omraadet 3.6—4.0, og titreringskurven viser næsten retlinjet, svakt stigende forløp og naar pH = 5 først efter tilsætning av ca. 20 cm.³ 0.1 n $Ca(OH)_2$ pr. 25 cm.³ jord, hvad der svarer til ca. 225 kg. CaO pr. dekar til 10 cm.'s dybde. Til opnaaelse av pH = 6.0 kræves gjennemsnitlig ca. 37 cm.³ 0.1 n $Ca(OH)_2$ eller 420 kg. CaO pr. dekar og 10 cm.'s dybde. Selv saa store kalkmængder som 500 kg. CaO pr. dekar og 10 cm.'s dybde gir bare en pH-værdi fra 6.1—6.7. Titreringskurven for en myrtype (Dommersnes), hvor star og græs har dannet meget av torven, findes overst i fig. 29. Som man ser, er her den aktuelle pH ca. 5.0, og der skal selvfølgelig her betydelig mindre kalkmængde til for at opnaa en reaktion med pH = 6.0. Der kræves hertil bare 250 kg. CaO pr. dekar og 10 cm.'s dybde mot 420 kg. i de sure myrjordtyper. Men ogsaa her kræves der til fuld neutralisering meget store kalkmængder, idet f. eks. 500 kg. CaO pr. dekar og 10 cm.'s dybde ikke bringer reaktionen op til mere end pH = 6.75.

Fig. 30 viser kurvene for lyngmarktyper. De fleste av disse har en aktuel pH av ca. 4.0. For at faa en pH = 5.0 kræver disse jordarter fra ca. 100—

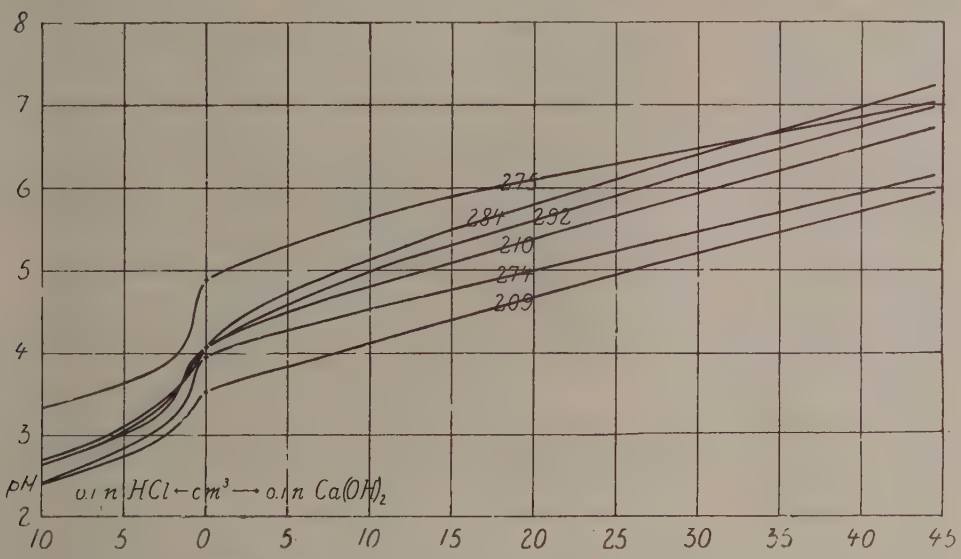


Fig. 30. Karakteristiske titreringskurver for l y n g m a r k, 25 cm³ jord titreret.
(Charakteristische Titrierungskurven für H e i d e b ö d e n, 25 cm³ Boden titriert.)
209 Vikesaa, Bjerkreim, 210 Svela, Bjerkreim, 274 Auestad i Gjesdal, 275 Lomeland i Bjerkreim, 284 Hognestad, Jæderen og 292 Gudmestad, Jæderen.

225 kg. CaO og til pH = 6 ca. 250—450 kg. CaO pr. dekar og 10 cm.'s dybde Den ekstremt sure og ugunstige jordtype nr. 209 fra Vikesaa med aktuel pH = 3.5 kræver derimot for at opnaa en reaktion av pH = 5.0 290 kg. og til pH = 6.0 hele 500 kg. CaO pr. dekar og 10 cm.'s dybde. En gunstig lyngmarktype representerer prøve nr. 275 fra Lomeland med sin aktuelle pH = 4.8. Her opnaaes en pH = 6.0 med bare ca. 200 kg. CaO, mens der til pH = 7.0 kræves 500 kg. CaO pr. dekar og 10 cm.'s dybde.

Betydelig gunstigere er forholdene i en række jordtyper som er fremstillet i fig. 31. Den nederste av kurvene, nr. 272, representerer god oreskogjord paa Fristad i Askvold. Den aktuelle pH er ikke høiere end 4.5, og der kræves til opnaaelsen av pH = 5.0 bare 75 kg. og til pH = 6.0 ca. 250 kg. CaO pr. dekar og 10 cm.'s dybde. Men selv med 500 kg. CaO pr. dekar og 10 cm.'s dybde naar man ikke helt op til neutralpunktet. De andre typer er betydelig bedre. Den grus og sandrike jord nr. 281 fra Tveit i Gulen, med sin aktuelle pH = 5.3, naar pH = 6 med 80 kg. og pH = 7.0 med 280 kg. CaO pr. dekar og 10 cm.'s dybde. Den humusfattige grus- og sandjord nr. 288 fra Kvaavik i Lyngdal, som har en aktuel pH helt nede ved 4.6, har ogsaa liten bufferevne og naar pH = 6.0 med 100 kg. og pH = 7.0 med ca. 230 kg. CaO pr. dekar og 10 cm.'s dybde. De store kalkmængder, som 500 kg. CaO pr. dekar og 10 cm.'s dybde, gir her pH-værdier i titreringskurven høiere end 8, men disse værdier betegner neppe en likevegtstilstand. En

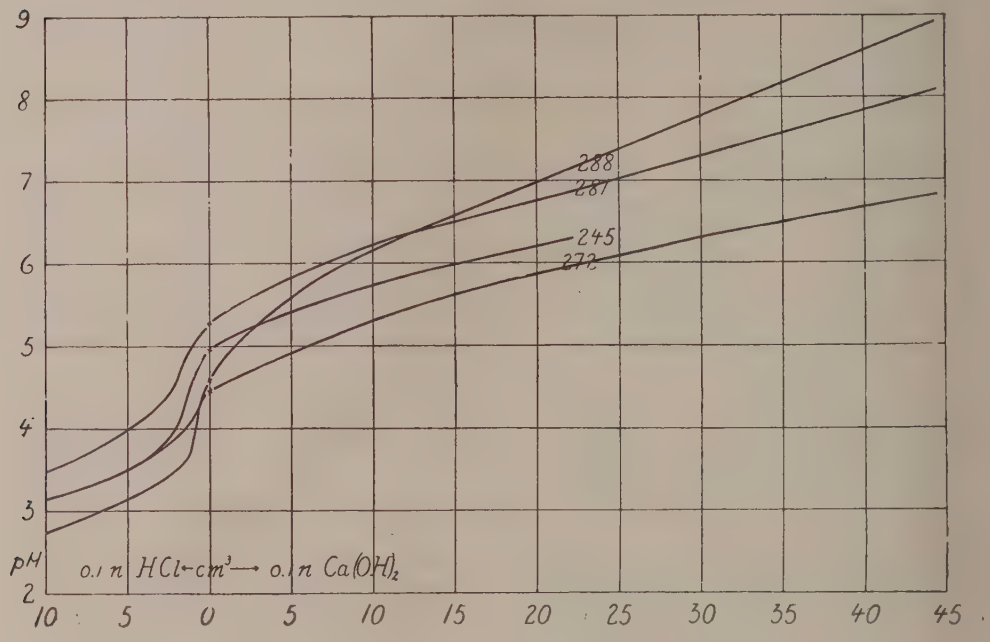


Fig. 31. Karakteristiske titreringskurver for noget bedre utmarkstyper.
(Charakteristische Titrierungskurven für etwas bessere Typen unbebauter Böden.)
245 Apeltun i Fana (beitemark), 272 Fristad i Askvoll (oreskog), 281 Tveit i Gulen (lyngmark paa grus og sandjord), 288 Kvaavik i Lyngdal (grus og sandjord).

gjennemluftning vil her sænke pH-værdiene nedover mot de værdier mellem 7 og 8 som er karakteristiske for systemet CO_2-bikarbonat i jord.

Disse jordtyper, hvis titreringskurver er fremstillet i fig. 31, representerer med hensyn til reaktion og kalkkrav de bedre typer blandt dem som staar til disposition for beitekultur langs Vest-Norges ytre kyst. Den langt overveiende del av den jord som her kan disponeres for beitekultur, hører til klassen myrjord og lyngmarksjord, hvis kurver er fremstillet i fig. 29 og 30. Og som vi har set, har disse jordtyper en saa høi bufferevne at der skal store kalkmængder til for at faa en gunstig reaktion. Netop fordi der her kræves saa store kalkmængder, har det stor betydning at faa kalkfaktoren bestemt.

Som nævnt angir kalkfaktoren hvor mange gange mere kalk man maa bruke i praksis end titreringskurvene tilsier. De sure myrjordtyper i fig. 29 kræver efter titreringskurven som nævnt 420 kg. CaO pr. dekar og 10 cm.'s dybde for at faa en pH = 6. Er kalkfaktoren 1, vil vi ogsaa i marken greie os med denne kalkmængde, er den 1.5 kræves 630 kg., er den 2 kræves 840, og er den 3, som av Tovborg Jensen fundet, kræves 1260 kg. CaO pr. dekar og 10 cm.'s dybde. Der maa

med andre ord anvendes kalkstensmelmængder som svinger mellem 800 og 2400 kg. pr. dekar.

Lyngmarktypene varierer mere. Den ugunstigste (Vikesaa) kræver for en pH = 6 med kalkfaktoren 1 ca. 950 kg. og med kalkfaktor 3 ca. 2900 kg. kalkstensmel pr. dekar til 10 cm.'s dybde. Disse tal viser at der knytter sig betydelige økonomiske interesser til bestemmelsen av kalkfaktoren.

Desværre er som før nævnt det foreliggende materiale fra beitefeltene ikke brukbart til bestemmelse av kalkfaktoren, væsentlig fordi kalken er for ujevnt og for grundt nedmuldet. Og med de jordtyper det her er tale om, kan det kanske være vanskelig overhodet at faa kalken saa jevnt nedbragt at markforsøkene kan danne grundlag for bestemmelse av kalkfaktoren. Man kan trygt gaa ut fra at kalkfaktoren i almindelig praksis vil ligge over 1, men hvor meget over den vil være, er det vanskelig at si noget om. Indtil videre er det tryggest at bruke betydelig mere kalk end det kan beregnes av titreringskurven, og under forutsætning av at den indblandes godt i jorden og ned til beregnet dyp, risikerer man ingen skadevirkning. Det likevegtssystem av CO_2-bikarbonat og organiske forbindelser som dannes i jorden efter kalkning, vil som regel ligge mellem pH = 6 og 7, eller med andre ord netop gi en gunstig reaktion. Det er imidlertid ønskelig at man snarest tar op arbeidet med at bestemme kalkfaktoren for de forskjellige jordtyper som her kommer i betragtning.

Diskussion.

I de foregaaende avsnit er vist at kalkens virkning i mange av vore vestnorske beitefelter slik som den nu anvendes, er helt overfladisk. Det gjælder for alle felter paa myr- og lyngmark og vel ogsaa paa andre jordtyper med høit indhold av organisk substans. Her vil kalken, hvad enten den tilføres som kalkstensmel, skjælsand eller læsket kalk, bare utfolde sin neutraliserende virkning i de tynde overflatelag hvori den er anbragt, og der er liten eller ingen dybdevirkning av kalken i dens basiske form. I det første aar efter kalkningen kan kalkens virkning være helt indskrænket til de øverste 2 cm. av jorden, mens dypere lag er like sure som før kalkningen. Fig. 13 og 14 viser eksempler paa dette. I de følgende aar trænger kalken noget dypere, men selv efter 6—8 aar er kalkvirkningen relativt overfladisk, og en reaktionsændring av betydning kan i mange torvjordtyper neppe spores under 5—7 cm.'s dybde. Fig. 1 og 2 viser forholdene i slike jordtyper. Paa flere av de nye kalkningsfelter er kalkvirkningen selv efter saa store mængder som 450 kg. CaO pr. dekar efter 2—3 aar bare naadd til 3 cm.'s dybde, og reaktionen i 5 cm.'s dybde er praktisk talt den samme som i ukalket jord. I fig. 7—8 ser man eksempler paa dette.

Denne næsten totale mangel paa dybdevirkning er typisk for raahumusjord og torvjord. Den er mindre i muldjord og mangler næsten eller helt i grus- og sandjord. I disse sidste jordtyper vil nemlig kalkvirkningen efter et par aar være utpræget i 5 cm.'s og ogsaa merkes i 7 cm.'s dybde, slik som fig. 11 viser, eller den kan være sterk helt ned til 7 cm. og betydelig endog i 9—11 cm.'s dybde, som det fremgaar av fig. 12. Efter 6—8 aar vil kalkvirkningen i slike grus- og sandjordtyper forsvinde helt paa grund av kalkens utvaskning, og i kurvene mangler ethvert spor av kalkvirkning. I fig. 6 f. eks. er reaktionen i overflatelaget faldt helt tilbake til den ubehandlede jords reaktion.

Denne overfladiske men længe varende kalkvirkning i raahumustypene kontra en kortvarig, men mere dyptgaaende virkning i grus- og sandjord hænger nøie sammen med kalkens adsorbtion i jorden. Det vil føre for vidt her at komme nærmere ind paa dette kapitel. Det er nok at henvise f. eks. til Hissinks omfattende undersøkelser. I et arbeide som her specielt skal nævnes (1926) fremhæver Hissink at det er jordens humus som først og fremst er sætet for kalkadsorbtionen. For hollandske jordtyper nævnes saaledes at den mængde CaO som kan

bindes i 100 gr. humus, kan gaa op til 5.2 gr., mens der i lerjord bare vil bindes 1.1 gr. pr. 100 gr. Jord med lav mætningsgrad (litet mættet) kan i løpet av et aar adsorbere næsten al kalk som er tilført, og det blir bare litet igjen av den i form av $CaCO_3$. Til denne klasse hører raahumus og torvjordtyper. Jord med høi mætningsgrad (sterkt mættet, bl. a. med kalk) vil adsorbere litet Ca, og det meste av den tilførte kalk blir liggende uopløst som $CaCO_3$. Hit hører av humusjordtyper den mættede »milde« humus. Det er derfor først og fremst jordens indhold av umættet humus som medfører sterk adsorbtion, og det er humusen i det hele tat som holder jordens kalk fast i adsorberet stand og dermed hindrer dens utvaskning.

Kalken vil adsorberes sterkere jo finere malet kalkstensmelet er og jo bedre den blandes med jorden.

Dette H i s s i n k s synspunkt bekræftes helt ut av de undersøkelser som foran er behandlet. Og specialundersøkelsene av feltene paa Moldestad og Bergsaasen (se fig. 20—21—22—23 og tilhørende tekst s. 63—67) viser ogsaa at kalkens intime indblanding i jorden er av avgjørende betydning. Almindelig utkastning av kalken med paafølgende utilstrækkelig harvning vil føre til at den blir liggende uopløst og ikke forandrer jordens reaktion væsentlig. En grundig indblanding av kalken ved hjælp av mange harvdrag gir en hurtig neutralisering og er en avgjørende betingelse for en god kalkvirkning. Dette er et moment ved kalkningen som fortjener den største opmerksomhet. For at man kan være sikker paa at kalken blir godt indblandet i jorden, bør den utstrøes fra og med de første harvdrag. Kalkmængden bør deles op slik at $^2/_5$ av den utstrøes før harvningen begynder og nedharves ved flere harvdrag. Derefter utstrøes yderligere $^2/_5$ som ogsaa harves godt ned. Alt dette bør foregaa tidlig paa vinteren. Den sidste $^1/_5$ av kalken utstrøes like før saaningen og harves ikke ned, men nedmuldes sammen med frøet.

Ovenstaaende betragtninger gjælder først og fremst for jordtyper med meget umættet humus. Her kan man ved grundig nedharvning faa store kalkmængder bundet, og de er i denne adsorberte tilstand saa fast bundet at kalkvirkningen vil holde sig i mange aar. En hyppig gjentagelse av kalkningen er paa disse jordtyper mindre nødvendig, forutsat at man har kalket med tilstrækkelig store mængder og sørget for god nedharvning.

Helt anderledes stiller det sig paa humusfattig grus- og sandjord. Her mangler det sterkt kalkadsorberende element (humus), og den mængde kalk som kan fastholdes i adsorberet stand, eventuelt ved utbytning med andre kationer, er meget mindre. Bindingen blir heller ikke saa sterk, og alt i alt kan man regne med at meget av den tilførte kalk her blir liggende i jorden som uopløst $CaCO_3$. Efterhvert vil imidlertid denne løses som bikarbonat og utvaskes. Slike jordtyper vil derfor for det første adsorbere mindre kalk end humusjordene, og den overskytende kalk vil relativt raskere utvaskes. Disse jordarter trænger derfor en oftere gjentat kalkning, de er i det hele langt daarligere kalkmagasiner end de umættede humusrike jordtyper som kan sluke og fastholde nærsagt enorme kalkmængder.

Kalkens mange forskjellige virkemaater, neutralisering av syrer, basemætning av adsorberende kolloidkomplekser, fysikalske virkning o. s. v. skal her ikke nærmere behandles. Det kan henvises til Odéns (1927) udmerkede oversigt over spørsmaalet om jordens surhetsgrad, buffervirkning og kalkbehov samt til et arbeide av Arrhenius (1926), hvor man vil finde en utførlig fortegnelse over literatur paa dette omraade.

I forbindelse med paavisningen av den overfladiske kalkvirkning reiser der sig imidlertid et par spørsmaal av den største betydning. Disse har ikke været gjenstand for undersøkelser paa de her behandlede beitefelter, men de maa allikevel berøres og diskuteres i forhold til kalkvirkningen.

Det ene av disse problemer er spørsmaalet om beiteplantenes avhængighet av reaktionen (pH). Dette omfangsrike og meget diskuterte emne skal her bare ganske kort berøres. Resultatene av de hittil foreliggende undersøkelser er nylig oversigtlig fremstillet av Ødelien (1929). Her er ogsaa det meste av de senere aars arbeide nævnt, og det er derfor nok at henvise til denne oversigt. Ødelien er tilbøielig til at tillægge jordbundens pH liten betydning for de enkelte græsarters trivsel og mener at det i ethvert fald er mange andre faktorer som her har større betydning. Denne opfatning skyldes vel for en stor del de mange tildels helt motstridende resultater som de enkelte forskere er kommet til. Det er her nok at referere litt av den oversikt som Ødelien har sammenstillet (l. c. s. 46). Om engrap heter det fra Rothamsted forsøksstation at den er »ikke ømfindtlig for sur reaktion«, mens Feilitzens og Nystrøms kjendte undersøkelser gir det resultat at den er »meget ømfindtlig for sur reaktion.« Om kryphvein heter det efter Carsten Olsen at den »foretrækker neutral-alkalisk reaktion,« mens den efter Wieske »foretrækker sur—sterkt sur reaktion.« Om gulaks heter det fra Rothamsted at det »foretrækker sur reaktion,« efter Wheeler at det er »temmelig ømfindtlig for sur reaktion,« efter Feilitzen og Nystrøm er det »meget uømfindtlig for sur reaktion.« Mens det efter Carsten Olsen »foretrækker sterkt sur—sur reaktion,« sier Müller »at det foretrækker tilnærmelsesvis neutral reaktion« og Weiske at det er »ømfindtlig for neutral og alkalisk reaktion.« Et mere broget resultat end dette kan vel neppe fremlægges, og det er forstaaelig at man har vanskelig for at tillægge jordreaktionen større betydning. Nu kan selvfølgelig andre faktorer som jordart, gjødsling og klima være helt forskjellige i de enkelte forskeres forsøk, og dette forklarer vel en del av uoverensstemmelsene. Men det er neppe sandsynlig at disse faktorers variation kan ændre artens reaktionskrav slik fra den ene ytterlighet til den anden som ovenstaaende eksempler viser. De brogede resultater er derfor sikkert for en ikke liten del uttryk for mangelfuld forsøksteknik og feilaktige undersøkelsesmetoder. Jordens reaktion kan være feilagtig bestemt, eller den spiller ikke altid den dominerende rolle som f. eks. jordens mætningsgrad o. s. v. At jordens reaktion ofte er feilagtig bestemt, vil her bl. a. si at den er bestemt som gjennemsnitsværdi for et større eller et andet jordvolum end det hvori planterøttene lever, og hvor pH har en ganske anden værdi end gjennem-

snittet. PH-bestemmelser bør derfor altid utføres i det bestemte jordlag hvor planterøttene har sin største utvikling. Denne feil er sikkert ganske almindelig begaaet der hvor man har overflatekalkede myr- eller torvmarker av samme art som de typer vestnorske beitemarker der her er behandlet. I slike marktyper vil som vi har set, de øverste 2—5 cm. jordlag ha en pH som i ethvert fald ligger over 6, ofte endog omkring 7, mens den umiddelbart under dette lag liggende jord har en pH mellem 4 og 5. Plantenes røtter vokser bare i det første lag, men tar man til pH-bestemmelsen prøver helt ned til 15—20 cm. vil man faa en gjennemsnitsværdi som er meget lavere end værdien for de øvre lag hvor planterøttene er utviklet, og resultatet blir helt misvisende.

Denne feilkilde maa vi f. eks. regne med i Ødeliens arbeide (1928), hvor prøvene til pH-bestemmelse er tat fra de øverste 15 cm. av jorden. Paa grundlag av disse prøver kommer Ødelien til det resultat at »reaktionen som regel er forholdsvis litet forandret ved kalkning,« og »naar vi ser kalkens avgjørende betydning for de værdifulde planters trivsel og endog eksistens paa disse felter og de svære utslag i avlingen, men smaa forandringer i reaktionstallet, maa en nødvendigvis trække den slutning at reaktionstallet er til liten retledning om kalktrangen paa gjødslet, mangeaarig græsmark.« Denne Ødeliens slutning er baseret paa pH-værdier fra langt dypere lag end kalkvirkningen har naadd og er derfor ikke rigtig. Det er kun faa av de av Ødelien givne talværdier som gjælder de felter jeg selv har undersøkt og saaledes tillater en sammenligning. Et par av dem skal nævnes. For feltet paa Nordhassel finder man i tab. 3 hos Ødelien en række pH-værdier fra det øverste 15 cm. jordlag som her sammenstilles med mine værdier for de øverste 2 cm. paa samme felt (hentet fra tab. 7, s. 34).

P_H	Utenfor feltet (Ausserhalb des Versuchsfeldes)	Rute				
		I	II	IV	V	IX
I øverste 2 cm (In oberen 2 cm)	4.7	5.49	5.92	6.36	6.33	6.59
I øverste 15 cm (In oberen 15 cm)	—	4.7	4.5	4.2	4.8	5.1

Et blik paa denne sammenstilling viser hvor høi pH i de øverste lag i virkeligheten er som følge av kalkningen, mens gjennemsnittet for 15 cm. ingen forandring viser fra rute til rute.

Lignende forhold viser feltet paa Skeiseidet, hvorfra Ødelien nævner en del pH-værdier i forbindelse med diskussionen om nitrifikationen i disse felter. Feltet er anlagt i 1926, Ødeliens pH-værdier er fra 1928 og mine fra 1931 (se tab. nr. 3, s. 24).

P_H	Utenfor feltet (Ausserhalb des Versuchsfeldes)	Rute				
		I	II	IV	V	IX
I øverste 2 cm (In oberen 2 cm)	4.02	4.01	4.17	5.93	5.85	6.27
I øverste 15 cm (In oberen 15cm)	3.6	—	3.7	3.7	4.0	3.9

Ogsaa denne sammenstilling gir samme resultat: De pH-værdier som er gjennemsnittet for de øverste 15 cm. av jorden, gir et helt falsk billede baade av kalkningens reaktionsændrende virkning og av pH's betydning baade for beitegræssene og for nitrifikationsbakteriene. Dette gjælder nok ikke bare de her refererte undersøkelser. Ogsaa ved andre forskeres forsøk, hvor resultatene er høstet fra markforsøk, er det grund til at tro at de opgivne pH-værdier mere eller mindre er gjennemsnitsværdier for andre eller større jordlag end de tynde lag hvor kalken har virket og derfor er litet brukbare. I saa henseende er karforsøk mere at stole paa, og hvis man her blander kalken rigtig godt ind i jorden før denne fyldes i karrene, vil man faa forsøk som er langt at foretrække for de mindre nøiagtige markforsøk. Det vil derfor sikkert være nødvendig at opta til revision en hel række av de undersøkelser som er utført paa dette omraade, og en nyorientering baseret paa eksakte karforsøk er nødvendig. Kun ad denne vei kan man løse spørsmaalet om beiteplantenes avhængighet av pH og bringe orden i det kaos som her hersker.

Indtil videre bør man gaa ut fra at beitene bør kalkes op til en pH = 6.2—6.5 for at gi den bedste avling av græs. For ikke at resikere skadevirkning (graafleksyke m. m.) bør man være forsigtig med at gaa høiere end pH = 6.5—6.8, og ved lavere pH end 6 vil antagelig græsmængden avta, selvom nok pH ca. 5.5 er en brukbar reaktion for græsartene. De her foreslaaede pH-værdier er i overensstemmelse bl. a. med resultatene av Oswalds omfattende undersøkelser paa Valinge (1929).

Det samme gjælder i spørsmaalet om nitrifikationsprocessens avhængighet av pH. Det har her længe været strid om hvorvidt nitrifikation av nogen betydning kan finde sted i sterkere sur jord. Disse forhold er indgaaende behandlet bl. a. i Gaarders og Hagems avhandlinger (1921—1928). Der gjøres her rede for den store betydning som reaktionen (pH) har for nitrifikationsbakteriene. Der paavises ved omfattende elektive kulturer at der av nitrifikationsbakterier maa eksistere flere racer eller arter, som hver især stiller helt forskjellige krav til reaktionen, idet nogen nitrificerer bedst ved utpræget alkalisk reaktion, andre ved neutral reaktion og atter andre ved en svakt sur — neutral reaktion. Der har fra forskjellige hold været fremholdt at disse resultater bare beror paa at bakteriene

er i besiddelse av stor tilpasningsevne og hurtig indstiller sig i overensstemmelse med den reaktion (pH) som bydes dem. Slike indvendinger kan kun gjøres naar man ikke gir sig tid til et nøiagtigere studium av det fremlagte materiale. I virkeligheten viser nemlig en række av disse forfatteres kulturforsøk netop at en tilpasning ikke finder sted, og at det maa være forskjellige raser, hver med sine krav til pH. I disse dage er disse resultater helt ut bekræftet ved undersøkelser utført av Winogradsky (1933). Foranlediget ved Gaarders og Hagems resultater har Winogradsky tat op igjen sit arbeide med nitrifikationsbakteriene og har av dem kunnet rendyrke en række former, som dels beskrives som nye arter eller slegter. Det viser sig at disse nye arter har helt forskjellige krav til reaktionen, og efter Winogradskys angivelse av pH-grænsene at dømme er flere av de av ham isolerte arter antagelig identiske med dem som har været tilstede i Gaarders og Hagems kulturer. Dermed er det avgjørende bevis bragt for eksistensen av nitrifikationsbakterier med forskjellige krav til reaktionen. Med hensyn til den nedre pH-grænse for nitrifikation er denne hos Gaarder og Hagem sat til en pH = 6.0—6.2. Winogradsky kommer til helt samme resultat. Under en pH = 6 kan vi derfor ikke regne med nævneværdig nitrifikation av de almindelige nitrifikationsbakterier. Der foreligger mange beretninger om god nitrifikation i jord med pH lavere end 5.5, i enkelte tilfælder helt ned til pH = 3.8. Av skandinaviske undersøkelser kan her bl. a. nævnes arbeider av Barthel (1920), Bornebusch (1923—25), Gaarder og Hagem (1921 og 1928), Glømme (1932), Hesselman (1926) og Weis (1924). Denne nitrifikation i sterkt sur jord kan muligens skyldes bakterier som har evnen til at arbeide i surere substrat end de nitrifikationsbakterier som hittil er studeret i laboratoriene. Dette er en mulig eller sandsynlig forklaring paa flere av de nævnte forskeres resultater. Det maa midlertid ikke oversees at selve pH-bestemmelsens teknik i de senere aar har gjort betydelige fremskridt. Saavel de ældre kolorimetriske metoder som den form av elektrometrisk bestemmelse der utføres i vandig filtrat (ikke opslemning eller suspension), kan være beheftet med betydelige feil, og i et hvert fald en livlig nitrifikation nede ved saa lave værdier som omkring pH = 4 er jeg tilbøielig til at tilskrive mangler ved den benyttede pH-maalingsteknik. Det er jo ogsaa mulig at bestemmelsen av disse sure jordarters pH ikke gir noget rigtig billede av den pH som hersker akkurat omkring bakteriekoloniene i jorden. Gaarder og Hagem fremholder at der kan være centrer i jorden med en betydelig høiere reaktion end jordens gjennemsnits-pH viser. Slike centrer, omkring kalkpartikler eller mineralpartikler, kan ha en pH høiere end 6 og derfor by gode betingelser for nitrifikation, selv om jorden maalt under ett er sterkt sur. Hvordan dette nu end forholder sig, er det allikevel sikkert at en god og jevn nitrifikation kræver en pH større end 6, og kalkning bør, naar det gjælder at fremme nitrifikationen, mindst føres op til denne pH-værdi og kanske helst til

Ogsaa for utviklingen av kløverplantenes rotbakterier er reaktionen av stor pH = 6.5—6.8.

betydning. Efter Virtanens nylig publicerte resultater (1929) er disse bakteriers vekst under en pH = 5 meget liten. Fra denne værdi stiger veksten raskt, og optimum ligger for kløverbakteriene mellem pH = 6.5 og 7.5. Kløverplantene selv synes at ha et lignende pH-optimum. Efter Virtanen avtar veksten hos hvitkløver som dyrkes uten rotbakterier, men med tilsætning av ammoniumnitrat, jevnt fra den temmelig gode vekst ved pH = 5.5—6 nedover til ingen eller svak vekst ved pH = 4.0. En kalkning til pH = 5.5—6.0 vil her være tilstrækkelig. Anderledes derimot i forsøk hvor der ikke tilføres kvælstofgjødsel, og planten er henvist til at skaffe sig sit kvælstof ved rotbakterienes hjælp. Her stanser plantenes vekst ved en pH mellem 4.5 og 5, og først ved pH = 6 og derover er det god vekst. Ikke meget avvikende er rødkløverens pH i dette tilfælde, og vi maa derfor gaa ut fra at kalkning til beitefelter med kløver, av hensyn til kløverplantenes bakterielle N-assimilation, maa utføres slik at reaktionen stiger til en pH som bør være over 6 og antagelig ligge ved 6.5.

Da græsplantene formaar at tilgodegjøre sig kløverens rotknollers kvælstof og likefrem kan ernæres av dette bør reaktionen holdes saa nær oppe under kløverbakterienes optimum som det gaar an uten at faa sygdom (graafleksyke m. m.) paa græsset.

Den samme reaktion, pH = 6.5, er utvilsomt ogsaa fordelagtig for mikrobenes nedbrytning og omdannelse av torven. Rigtignok er der i sur myr- og torvjord bakterier som kan utvikle sig relativt godt ned til pH = 4.0, men det artsrike bakterieselskap som efter kalkning nedbryter humusen og frigjør dens store forraad av kvælstof og fosforsyre, har sikkert sin optimale reaktion ved pH-værdier over 6.

Litteraturliste.

Arnd, Th. u. Siemers, W.:

1926 Zur Methodik der pH-Bestimmung mit der Chinhydronelektrode. Zeitschr. f. Pflanzenernährung und Düngung. Teil A, Bd. VII, 1926, s. 191.

Arrhenius, O:

1924 Der Kalkbedarf des Bodens vom pflanzenphysiologischen Standpunkt. Zeitschr. f. Pflanzenernährung und Düngung. Teil A, Bd. III, 1924. s. 129.

1926 Kalkfrage, Bodenreaktion und Pflanzenwachstum. Leipzig 1926.

Askinasi, D. L. u. Jarussow, S. S.:

1927 Zur Bestimmung der passiven (potentiellen) Bodenazidität. Proceedings and papers of the First international Congress of Soil Science. Washington 1927, Comm. II. s. 148.

Barthel Chr. og Bengtsson, N.:

1920 Bidrag til frågan om stallgödselkvävets nitrifikation i åkerjorden. Meddelanden nr. 211 från Centralanstalten för forsöksväsendet på jordbruksområdet. 1920.

Bjerrum, Niels og Gjaldbæk, J. K.:

1919 Undersøkelser over de faktorer som bestemmer jordbundens reaktion. Den Kongelige Veterinær- og Landbohøiskoles Aarskrift 1919, Kjøbenhavn.

Bobko, E. W. u. Druschinin, D. W.:

1925 Einfluss einzelner Faktoren auf die Reaktion der Bodenlösung. Zeitsch. f. Pflanzenernähr. u. Düngung. Teil A, Bd. V, 1925. s. 345.

Bornebusch, C. H.:

1923—25 Skovbundsstudier. Det forstlige forsøgsvæsen i Danmark. Vol. VIII, 1923–1925.

Clark, Norman Ashwell and Collins, Emerson R.:

1930 Equilibrium between soil and electrolytes, and its influence upon some lime requirement methods. Soil Sci. Vol. 29, 1930, s. 417.

Conner, S. D., Walker, G. P. og Plice, M. J.:

1927 Soil acidity and base exchange studies in two very acid soils. Proceedings and papers of the first international Congress of Soil Science. Washington 1927. Comm. II, s. 136.

Dammermann, Heinrich:

1932 Die Bestimmung des Kalkbedarfs saurer Böden. Archiv für Pflanzenbau. Bd. 9, 1932, s. 389.

Gaarder, Torbjørn og Hagem, Oscar:

1921 Salpetersyredannelse i udyrket jord. I. Orienterende analyser. Meddelelse nr. 4 fra Vestlandets forstlige forsøksstation. 1921.

1928 Salpetersyredannelse i udyrket jord. II. Nitrifikationens avhængighet av vandstofionkoncentrationen. Meddelelse nr. 11 fra Vestlandets forstlige forsøksstation. 1928.

Gehring, A:

1928 Über die Praxis der Kalkdüngung. Zeitschr. f. Pfanzenernährung, Düng. u. Bodenkunde Teil B, Bd. VII, 1928, s. 249.

Glømme, Hans:

1928 Orienterende jordbundsundersøkelser innen Østlandets og Trøndelagens skogtrakter. Meddelelse fra Det norske skogforsøksvæsen nr. 10. Bind III, h. 1.

1932 Undersøkelser over ulike humustypers ammoniak- og nitratproduktion samt faktorer som har indflydelse paa disse processer. Meddelelser fra Det norske skogforsøksvæsen. Nr. 14, bd. IV. h. 1, 1932.

Hagem, Oscar:

1931 Forsøk med vestamerikanske træslag. Meddelelse nr. 12. fra Vestlandets forstlige forsøksstation.

Hesselman, Henrik:

1926 Studier över barrskogens humustäcke dess egenskaper och beroande av skogsvården. Meddelanden från Statens skogsförsöksanstalt. H. 22, 1926.

Hissink, D. J.:

1926 What happens to the lime when soil is limed. Transactions of the second commission of the international Society of Soil Science. Vol. A, Groningen (Holland) 1926, s. 174.

Hissink, D. J. u. van der Spek, Jac.:

1926 Über Titrationskurven von Humusböden. Verhandlungen der zweiten Kommission der internationalen bodenkundlichen Gesellschaft. Teil A, Groningen (Holland) 1926, s. 72.

Hoagland, D. R. and Sharp, L. T.:

1918 Relation of carbon dioxide to soil reaction as measured by the hydrogen electrode Journ. of Agricult. Research. Vol. XII, 1918, s. 139.

Jensen, Tovborg S.:

1924 Om bestemmelse av jordens støtputevirkning. Tidsskrift for Landbrukets planteavl, Bd. 30, 1924, s. 565.

Lindeman, Johs.:

1932 The applicability of the quinhydrone method to determination of the degree of acidity in soil suspensions. Meldinger fra Norges Landbrukshøiskole. Vol. XII, 1932, s. 727.

Maiwald, K.:

1928 Untersuchungen zur Bestimmung und Deutung des Puffervermögens karbonatarmer Böden. Kolloidchem. Beihefte Bd. 27, 1928 s. 251.

Mattson, Sante:

1922 Die Beziehungen zwischen Ausflockung, Adsorption und Teilchenladung mit besonderer Berücksichtigung der Hydroxylionen. Kolloidchem. Beihefte Bd. 14, 1921—22, s. 227.

1928 The $CaCO_3$-soil equilibrium and the lime requirement. Soil Sci. Vol. 25, 1928, s. 429.

1932[1]) The laws of soil colloidal behavior: IX. Amphoteric reactions and isoelectric weathering. Soil Sci. Vol. 34, 1932, s. 209.

Nelson, P. R.:

1929 Lime penetration resulting from surface application to pasture land. Soil Sci. Vol. 27, s. 143.

Odén, Sven

1927 Om jordens surhetsgrad, buffertverkan och kalkbehov. Meddelanden nr. 318 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet. Stockholm 1927.

Olsen, Carsten:

1921 Studier over jordbundens brintionkoncentration. Kjøbenhavn 1921.

Osvald, H.:

1929 Valinge. Fyra uppsatser om marken och vegetationen. Sveriges Allmänna Landtbruksällskaps skrifter nr. 37. Jönköping 1929.

[1]) I dette arbeides litteraturfortegnelse finder man opført Mattsons øvrige avhandlinger i denne serie.

Percival, G. P.:
1931 The determination of lime requirement by the direct Addition of calcium carbonate. Soil Sci. Vol. 32, 1931, s. 459.
Pierre, W. H.:
1930 Neutralizing values and rates of reaction with acid soils of different grades and kinds of liming materials. Soil Sci., Vol. 29, 1930, s. 137.
Sharp, L. T., Hoagland, D.R.:
1916 Acidity and adsorption in soils as measured by the hydrogen electrode. Journ. of Agricult Research Vol. VII, 1916. s. 123.
Tacke, Br.:
1913 Die Versuche auf den Hochmoorweiden der Versuchswirtschaft im Maybuscher Moor in den Jahren 1904—1911. Landwirtschaftliche Jahrbücher Bd. 44, 1913, s. 202.
Tillmans, J.:
1919 Über die quantitative Bestimmung der Reaktion in natürlichen Wässern. Zeitchr. f. Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel Bd. 38, 1919, s. 1.
Tourila, Pauli.:
1926 Om jordförbättringens og gjödslingens inverkan på surhetsgraden hos våre odlade torvmarker samt forhållandet mellan denna surhetsgrad och jordens växtkraft. Finska mosskulturforeningens Årsbok 1926.
1928 Wirkung der Kalziumkarbonat u. Schwefelsäurezugaben auf die Azidität von verschiedenen Torfarten. Finska Mosskulturföreningens vetenskapliga Skrifter nr. 8, 1928.
Valeur A.:
1900 Contribution a l'étude thermochimique des quinones. Recherches sur la constitution des quinhydrones. Annales de Chimie et de Physique. Ser. 7, Tome 21, 1900.
Van Alstine, E.:
1918 The movement of plant-food within the soil. Soil Sci. Vol. 6, 1918, s. 281.
Virtanen, J. Arthuri:
1929 Undersøkelser over belgbakteriene og belgplantene. Beretning om N. J. F.s Kongres i Helsingfors. Juli 1929.
Weis, Fr.:
1924 Undersøkelser over jordbundens reaktion og nitrifikationsevne i typiske danske bøgeskove. Dansk Skovforenings tidsskrift, Bd. 9, 1924.
Winogradsky, S.:
1933 Études sur la microbiologie du sol. Nouvelles recherches sur les organismes de la Nitrification. Annales de l'institut Pasteur. Tome L, 1933, s. 350.
Ødelien, M.:
1928 Forsøk med beitedyrkning paa lyngmark og myr i kystbygdene paa Vestlandet og Sørlandet. Aarbok for beitebruk i Norge, 1928. Utgit av Det Kgl. Selskap for Norges vel.
1929 Bestandstyper og plantearter paa kulturbeiter. Aarbok for beitebruk i Norge 1929. Utgit av Det Kgl. Selskap for Norges vel.

Kalkwirkung auf Dauerweide.

(Resumé).

Kap. 1. Versuchsmethoden.

Die Anlage von sachgemäss bewirtschafteten Dauerweiden ist in West-Norwegen nur erst im Anfang, und zahlreiche Versuche sind noch notwendig, um bei den recht variablen Boden- und Klimaverhältnissen den Weg zur richtigen Behandlungsweise zu zeigen. Die Bodentypen, die zur Disposition stehen, sind vor allem Moorböden verschiedener Art und Heideböden, ferner in beschränkterem Masse Laubwaldböden *(Betula* und *Alnus)* und endlich Sandböden verschiedener Art auf glazialen Ablagerungen (Terassen, Moränen u. s. w.). Die grössten Areale sowie die besten natürlichen Bedingungen für künstlich angelegte Dauerweiden finden wir in den äusseren Teilen der Fjorde, an den Fjordmündungen und auf den grösseren Inseln, die in oder ausserhalb der Fjordmündungen liegen. Auf den kleineren, niedrigen Inseln weiter draussen im eigentlichen Inselgürtel (norw. »Öygarden«) sind die Niederschläge im Frühling und Sommer häufig etwas zu niedrig, und den Dauerweiden wird hier daher nur auf den Mooren die genügende Feuchtigkeit gesichert sein. In den äusseren Fjorddistrikten und an den Fjordmündungen dagegen sind die Niederschläge schon so reichlich, dass die Weiden hier nur in sehr ungünstigen Jahren ernst durch Trockenheit beschädigt werden können. Die Temperaturverhältnisse der äusseren Küste West-Norwegens sind in Tab. 1 und die Niederschlagnormalen in Tab. 2 zusammengestellt. Wie es aus diesen Tabellen hervorgeht, haben wir hier ein ausgeprägt humides Klima mit grossen Niederschlägen besonders im Herbst und Winter und mit relativ trockenen Frühjahrsmonaten. Die Sommertemperatur liegt relativ hoch, und mit der langen Vegetationsperiode wird es möglich, die Tiere vom Mai bis September auf der Weide zu halten.

Die erste Bedingung für ein gutes Gelingen der Dauerweideanlagen ist hier vor allem eine reichlich bemessene Kalkgabe, die für die meisten Bodentypen mindestens 250 kg CaO pro Dekar und 10 cm Tiefe betragen muss. Die durch diese Kalkmenge bedingte Reaktionsänderung fällt zwar auf den einzelnen Bodentypen etwas verschieden aus, und recht viele Moor- und Heideböden brauchen bedeutend grössere Mengen. Die erwähnte Kalkgabe von 250 kg CaO scheint aber, wenn sie in eine 10 cm dicke Bodenschicht gut verteilt wird, fast immer ohne Schaden vertragen zu werden und ist also als die untere Kalkgrenze zu betrachten, selbstverständlich hier nur mit den sauren, kalkbedürftigen Bodentypen gerechnet.

Die Tiefenwirkung dieser Kalkmenge ist aber auf den ungleichen Bodentypen eine recht verschiedene, und auf gewissen Bodentypen ist sie eine so geringe, dass wir schon in 3—5 cm Tiefe selbst Jahre nach der Kalkung die usprüngliche saure Reaktion finden, während die oberste 2 cm dicke Schicht einen günstigen pH von 6.0—7.0 aufweist. Das Ziel der hier vorliegenden Arbeit war eben eine Untersuchung über die reaktionsändernde Wirkung der Kalkgaben in den tieferen Bodenschichten, und zu diesem Zwecke wurden die Verhältnisse auf einer Reihe 3 bis 8 Jahre alten Versuchsfeldern näher untersucht.

Um die Tiefenwirkung der verschiedenen Kalkgaben zu bestimmen, wurden aus dem Boden der zu untersuchenden Parzellen Blöcke von 15 cm Tiefe und gewöhnlich 8 × 8 cm Querschnitt ausgeschnitten und in wasserdichten Säcken ins Laboratorium gebracht. Hier wurden dann kleine Würfel von 2 cm Dicke und 3.6 × 3.5 cm Querschnitte in der Weise ausgeschnitten, dass man von der Oberfläche bis zu 10—15 cm Tiefe Proben von 25 cm^3 erhielt, von denen jede eine Tiefenschicht von 2 cm repräsentierte. Der pH dieser kleinen Würfel wurde bestimmt, und somit die Reaktion des Bodens von der Oberfläche bis zu 10—15 cm Tiefe mit Abständen von 2 cm festgelegt. Die Reaktion der Würfel wurde graphisch aufgetragen und dadurch eine Kurve — der pH-Schnitt des betreffenden Bodens — erhalten (siehe z. B. Fig. 1 und folgende Figuren).

Ausserdem wurden aber für eine Reihe der untersuchten Böden Titrierungskurven bestimmt. Hierbei wurde die von Gaarder und Hagem schon 1921 in Übereinstimmung mit den Anweisungen von Bjerrum und Gjaldbæk (1919) benutzte Titrierung mit HCl und Kalkwasser verwendet, und die Titrierungskurven aufgezeichnet. Dieses Titrationsverfahren mit Aufzeichnen von Titrierungskurven ist mehrere Jahre später von Tovborg Jensen (1924) in einer etwas modifizierten Form benutzt worden. Tovborg Jensen behandelt, wie bekannt nach beendeter Titrierung die Proben mit CO_2 und meint hiermit durch Neutralisierung des überschüssigen Kalkwassers den Verhältnissen im Erdboden näher zu kommen. Diese Nachbehandlung hat natürlich nur dann einen Zweck, wenn es sich darum handelt die für eine bestimmte Reaktion erforderliche Kalkdüngung zu bestimmen, und ist, wie unten näher gezeigt werden soll, selbst dann nicht notwendig und des Zeitraubens wegen nicht praktisch. Die gewöhnliche Titration mit HCl und Kalkwasser und Aufzeichnen von Titrierungskurven der Anweisung von Bjerrum und Gjaldbæk folgend, wurde also zuerst von Gaarder und Hagem (1921) in grösserem Massstab in Verwendung gebracht und soll also als solche nicht den Namen Tovborg Jensens führen. Es ist nicht mehr als billig, dass die gebräuchliche Titration von Böden mit Aufzeichnen ihrer Titrierungskurven mit dem Namen Bjerrum und Gjaldbæks belegt wird. Die spezielle Modifikation dieser Methode, wobei Nachbehandlung mit CO_2 verwendet wird, soll selbstverständlich den Namen Tovborg Jensens führen.

Der pH wurde immer mit der Chinhydronmethode bestimmt, und diese hat sich auch für Rohhumus- und Moorböden im allgemeinen gut bewährt. Die Messung wurde in dem bei Gaarder und Hagem (1928 — in Fig. 1) abgebildeten Gefäss vorgenommen, und Störungen durch KCl sind hier nicht aufgetreten. Selbstverständlich wurde nur in Aufschwemmungen gemessen, und zwar in solchen mit 25 cm^3 Boden zu 50 cm^3 Wasser (resp. Säure- und Laugezusatz). Es ist hier immer das bestimmte Volumen (25 cm^3) Boden für die Einzelbestimmungen verwendet. Der Zweck der Untersuchung ist ja die Kalkwirkung — resp. Kalkmenge — zu bestimmen, und eine Titrierung eines bestimmten Volumens ist daher das einzige rationelle. Verunreinigte Elektroden dürfen nicht geglüht, sondern mit Perhydrollösung (1 Teil Perhydrol[1]) : 2 Teile Wasser) über Nacht behandelt werden. Darauf kommen die Elektroden einige Minuten in ein Gefäss mit Eisen- oder Zinkspänen und Schwefelsäure, wobei der reichlich strömende Wasserstoff die Elektroden gut umspülen muss. Die in dieser Weise behandelten Elektroden geben gute Messungen. Nach dem Gebrauch werden die Elektroden gut abgespült und 15 Minuten in 96 % Alkohol getaucht, worauf sie auf staubfreiem Orte zum Trocknen aufgehängt werden. Diese nach Alkoholbaden trocken aufbewahrten Elektroden geben immer bessere Resultate als Elektroden, die in destilliertem Wasser oder anderen Lösungen aufgehoben werden.

Das Chinhydron wurde nach Valeur dargestellt. Das hierbei gewonnene etwas grobkrystallinische Produkt wird als solches aufbewahrt und vor dem Gebrauche jedesmal in kleineren Portionen in Agatmörser zerrieben, wobei sich die Löslichkeit bedeutend erhöht.

Für die Bestimmung der Titrierungskurven wurden eine Reihe Pulvergläser mit je 25 cm^3 Boden beschickt und darauf das Kalkwasser resp. die Salzsäure zugegeben und mit Wasser auf

[1]) Später: Hydrogen. peroxydat. pur 10 fach (Schering-Kahlbaum Nr. 03978). [2]) Nur bei den grösseren Kalkwassermengen (Stufe 16—18) ging die Flüssigkeitsmenge bis auf ca. 100 cm^3 (mit 25 cm^3 Boden).

50 cm^3 nachgefüllt[2]). Das gesättigte Kalkwasser hatte gewöhnlich eine Normalität von 0.1 n. 0.43—0.46 und wurde in Mengen verwendet, die, umgerechnet auf 0.1 n. $Ca(OH)_2$, in den auf Seite 18 aufgeführten Stufen (Trin) 8—18 angegeben sind. Die so verwendeten Kalkwassermengen entsprechen einer Kalkdüngung pro Dekar und 10 cm Tiefe, wie die Zahlen auf Seite 18 für dieselben Stufen (Trin) 8—18 angeben. Sowohl in den mit HCl resp. Kalkwasser wie auch in den nur mit Wasser (für die Bestimmung des aktuellen pH) beschickten Gläsern wurde der pH erst nach 22 Stunden bestimmt. Während dieser Reaktionszeit von 22 St. wurde 2½ St. geschüttelt, und zwar 1 St. vormittags (gleich nach dem Zusetzen von Wasser, resp. Säure oder Lauge), 1 St. nachmittags und ½ St. am nächsten Morgen unmittelbar vor der pH-Bestimmung. Es ist dies die minimale Reaktions- und Schüttelzeit, die bei diesen Rohhumus- und Moorböden zu Gleichgewicht führt, und bei mehreren Böden ist es notwendig gewesen, eine Reaktionszeit von 48 St. mit Schüttelzeit 8 St. zu verwenden, um bei grösseren Kalkwassermengen zu Gleichgewicht zu kommen. Versuche hierüber werden unten näher besprochen.

Kap. 2. Die untersuchten Versuchsfelder.

Die meisten der untersuchten Versuchsfelder sind eigentlich nicht als Dauerweiden, sondern als Mähde behandelt worden und sollen den Einfluss verschiedener Kalkgaben, Dünger und Bearbeitungsmethoden auf den Heuertrag zeigen. Als Grundlage für die Beurteilung der Weidemöglichkeiten sind solche Versuchsfelder natürlich unbedingt notwendig; es darf aber nicht vergessen werden, dass der Einfluss des Abweidens auf den Ertrag ein sehr bedeutender ist, und dass daher auch Versuchsfelder, die geweidet werden, in vielleicht etwas höherem Massstab angelegt und untersucht werden müssen.

Die erste Reihe Versuchsfelder, die hier besprochen werden soll, wurde schon in den Jahren 1923—26 angelegt, und zwar nach dem auf S. 21—22 angegebenen Plan. Für die Beurteilung der Kalkwirkung sind nur die Parzellen I — II — IV — V und IX untersucht worden, und es genügt daher hier einiges über die Behandlungsweise dieser Parzellen zu erwähnen.

Parzellen I. Hier ist nur die Heide gebrannt, sonst keine Bearbeitung oder Düngung ausgeführt worden.
—»— II. Hier wurde geeggt, mit Kunstdünger (Volldünger) und einer passenden Samenmischung bestellt.
—»— IV. Volldünger und 250 kg CaO pro Dekar.
—»— V. Diese Parzelle wurde wie Parzelle II behandelt, ausserdem aber mit 250 kg CaO pro Dekar gekalkt.
—»— IX. Hier wurde bis 10—15 cm umgegraben, darauf mit Volldünger, Kalk (wie V) und Samen bestellt.

Von den Versuchsfeldern dieses Typus sind die folgenden auf Kalkwirkung in den Jahren 1931—32 untersucht worden: 1. Skeiseidet bei Haugesund, 2. Ketilsvik in Gulen, 3. Indre Strömmen in Askvold, 4. Hognestad auf Jæderen, 5. Nordhassel auf Lister und 6. Tveit in Gulen. Die Bodenverhältnisse sind auf diesen Versuchsfeldern recht verschieden. Auf Skeiseidet und Ketilsvik sind reine Moorböden, auf Indre Strömmen ebenso, obwohl dem Boden hier etwas Sand beigemischt ist. Das Feld Hognestad liegt in trockner, sehr sandreicher Heide mit Rohhumus, während das Feld Tveit in trockner Heide auf Sand- und Kiesboden liegt. Das Feld Nordhassel endlich liegt teils auf Moorboden teils auf trocknem, sandhaltigem Rohhumusboden. Zur Charakteristik dieser recht wechselnden Bodeneigenschaften sind unten Wassergehalt, Glühverlust und Aschenprozent sowie das Verhältnis Glühverlust: Asche, $\frac{G}{A}$, aufgeführt. Die Zahlen beziehen sich auf unbehandelten Boden ausserhalb des Versuchsfeldes.

	Wassergehalt	Glühverlust	Asche	$\frac{G}{A}$
Skeiseidet (bis 15 cm Tiefe)	70.67	24.23	5.1	4.75
Ketilsvik (bis 15 cm Tiefe)	71.53	27.36	1.1	24.8
I. Strömmen (bis 6 cm Tiefe)	82.3	16.5	1.2	13.7
—»— (6—15 cm Tiefe)	75.7	19.2	5.1	3.75
Nordhassel (Moorboden)	58.87	29.63	11.50	2.57
—»— (Festmark)	50.23	27.47	22.30	1.25
Hognestad (bis 10 cm Tiefe)	31.0	16.67	52.33	0.318
Tveit	39.5	9.37	51.13	0.183

Die Figuren 1—6 zeigen pH-Schnitte für die verschiedenen Parzellen (I—II—IV—V—IX) dieser Versuchsfelder und ausserdem in Kurven U den pH-Schnitt für unbehandelten Boden ausserhalb des Versuchsfeldes. Gleichzeitig sind in den Tabellen 3—8 die pH-Werte angegeben, die den Kurven der erwähnten Figuren zu Grunde liegen.

Die zwei ersten Versuchsfelder, Skeiseidet und Ketilsvik, liegen, wie die Kurven U in Fig. 1 und 2 zeigen, auf einem Boden (Moorboden) mit aktuellem pH ca. 4.00 bez. 3.5—3.6. Auf diesem Boden hat weder das Abbrennen der Heide (I) noch das Eggen und der Kunstdünger (II) die Reaktion wesentlich geändert. Erst mit der Kalkung (IV—V—IX) ist die Reaktion geändert, und der pH in der obersten 2 cm dicken Schicht auf 5 –6 gestiegen[1]). Diese Reaktionsänderung ist aber eine höchst oberflächliche, und wie die Kurven zeigen, herrscht schon in nur 5 cm Tiefe meist, und in 7 cm Tiefe überall, die ursprüngliche saure Reaktion fast unverändert. Obwohl diese pH-Bestimmung 5 –8 Jahre nach der Kalkung ausgeführt wurde, ist also die Tiefenwirkung des Kalkes eine so geringe, dass sie in 7 cm Tiefe fast nicht zu spüren ist. Fast dasselbe Resultat zeigt das Versuchsfeld Indre Strömmen, obwohl hier eine Reaktionserhöhung, besonders in der umgegrabenen Parzelle IX, bis zu ungefähr 10 cm nachweisbar ist. Auch das Versuchsfeld Hognestad in trockner Heide zeigt, wie aus Figur 4 und Tabelle 6 hervorgeht, eine höchst oberflächliche Kalkwirkung, die nicht wesentlich tiefer als 5 cm geht. In der Oberfläche liegt die Reaktion nun 6 Jahre nach der Kalkung noch immer ungefähr bei pH 6.00, während sie in den Parzellen IV—V schon in 3 cm Tiefe auf Werte kleiner als 5 gesunken ist. Auch auf dem Versuchsfeld Nordhassel spüren wir diese geringe Tiefenwirkung, hier sind aber die Bodenverhältnisse innerhalb des Versuchsfeldes höchst variabel, und einige Parzellen, wie z. B. Nr. IV, zeichnen sich durch einen sehr hohen Aschengehalt von mehr als 50 % aus. Auf diesen aschenreichen Parzellen ist die Tiefenwirkung des Kalkes eine sehr bedeutende und lässt sich bis 7—9 cm mit den pH-Werten 6.0—5.60 nachweissen.

Ein diametral entgegengesetztes Bild zeigt uns das Versuchsfeld Tveit. Wie aus Figur 6 und Tabelle 8 hervorgeht, ist hier eine jede Kalkwirkung schon verschwunden. Die Kurven verlaufen ganz dicht aneinander in einem Haufen um die Kurve U für unbehandelten Boden. Der Boden dieses Versuchsfeldes ist, wie früher erwähnt, ein Sand- und Kiesboden mit relativ wenig Humus. Der niedrige Humusgehalt erhellt auch aus der kleinen Tabelle auf S. 35, wo Wassergehalt (vandindhold), Glühverlust (glødetap) und Asche (aske) für die einzelnen Parzellen dieses Versuchsfeldes aufgeführt sind. Mit dem niedrigen Gehalt an organischem Substanz (Glühverlust) hängt nun ohne Zweifel die kurzdauernde Kalkwirkung zusammen. Es ist der Humus, der den Kalk adsorbiert und magaziniert, und deshalb wird der Kalk in den humusreichen Böden, wie in den Moorböden auf Skeiseidet und Ketilsvik, derart vollständig festgehalten, dass er uberhaupt nicht wesentlich unter der Oberfläche zur Wirkung kommt und selbst nach

[1]) Eine Ausnahme, die wahrscheinlich auf einem Versuchsfehler beruht, zeigt die Parzelle IV in Ketilsvik.

Jahren die Reaktion nur in der oberen 5 cm tiefen Schicht geändert hat. Auf humusarmen Böden dagegen, wie auf dem Versuchsfelde Tveit, wird der Kalk nur in geringem Grade adsorbiert und festgehalten. Er wird hier als Bikarbonat recht schnell ausgewaschen, in die Tiefe geführt, und seine reaktionsändernde Wirkung, die sich selbstverständlich die ersten Jahre geltend macht, verschwindet relativ schnell.

Ungefähr dasselbe Bild von geringer Tiefenwirkung des Kalkes bieten uns eine Reihe Versuchsfelder, die im Jahre 1929 angelegt und nach dem auf S. 38 aufgeführten Plan ausgeführt wurden. Die Parzellen dieser Versuchsfelder liegen in 4 Reihen A—B C—D, und jede Reihe enthält 6 Parzellen von je 25 m² Grösse. Die Behandlungsweise dieser Parzellen ist die folgende:

Parzellen I. Hier ist Kunstdünger (Volldünger) gegeben, nicht aber gekalkt.
—»— II. Volldünger wie I und ausserdem im ersten Jahre 150 kg CaO pro Dekar.
—»— III. —»— —»— —»— 300 —»—
—»— IV. —»— —»— —» 450 —»—
—»— V. Wie III aber vom 2. Jahre kein N-Dünger.
—»— VI. Wie IV —»— —»—

Die jährliche Düngung betrug im ersten Jahre 8 kg P_2O_5, 8 kg K_2O und 3 kg N, in den folgenden Jahren 5 kg P_2O_5, 5 kg K_2O und 4 kg N pro Dekar. Gekalkt wurde nur im ersten Jahre. Die Parzellen wurden im Jahre zweimal gemäht.

Die auf Kalkwirkung untersuchten Versuchsfelder dieses Typus sind die folgenden: 1 Versuchsfeld auf Dommersnes bei Haugesund, 2. Versuchsfeld auf Hove I in Selje, 3. Versuchsfeld bei Kr. Sandnes, Eidsaa, 4. Versuchsfeld bei O. Tandstad, Ekornnes in Sykkylven, 5. Versuchsfeld bei John Rödal, Spjelkavik, Borgund und 6. Versuchsfeld auf Tveit, Gulen.

Die Resultate sind für diese Versuchsfelder als pH-Schnitte in den Figuren 7—12 und in den Tabellen 9—14 aufgeführt.

Auch diese Reihe Versuchsfelder umfasst recht verschiedene Bodentypen, die besonders mit Rücksicht auf Humus- und Aschengehalt voneinander abweichen. Die Werte für Wassergehalt, Glühverlust, Asche und $\frac{G}{A}$ sind unten aufgeführt.

	Wassergehalt	Glühverlust	Asche	$\frac{G}{A}$
Dommersnes (bis 15 cm Tiefe)	60.07	26.77	13.7	1.95
Hove I (bis 15 cm Tiefe)	69.7	20.3	10.0	2.02
Kr. Sandnes, Eidsaa (bis 10 cm Tiefe)	60.0	15.95	24.05	0.66
O. Tandstad, Sykkylven[1])				
A. Bis 4 cm Tiefe	64.88	19.26	15.86	1.22
B. 6—10 cm Tiefe	38 51	9.65	51.84	0.18
John Rødal, Borgund				
A. Bis 4 cm Tiefe	49.41	15.76	34.83	0.45
B. 6—10 cm Tiefe	24.29	7.06	68 65	0.12
Tveit, Gulen				
A. Bis 4 cm Tiefe	61.35	14.69	23.96	0.61
B. 6—10 cm Tiefe	45.54	7.53	46.93	0.16

[1]) Die Werte entstammen hier der Versuchsparzelle C—I.

Die zwei ersten Versuchsfelder dieses Typus, Dommersnes und Hove I liegen auf Moorboden, der jedoch, wie die Tabelle zeigt, einen ziemlich hohen Aschengehalt bezitzt. Es beruht dieser hohe Aschengehalt auf einer Beimischung von Sand. Das Verhältnis $\frac{G}{A}$ liegt daher ungefähr bei 2.0. Die Kalkgaben haben hier die Reaktion der oberen 2 cm dicken Schicht auf die pH-Werte 6.0 bis 7.0 gebracht. Die Tiefenwirkung ist auf dem Dommersnes-Boden (Fig. 7 und Tabelle 9), der einen recht guten Moorbodentypus repräsentiert, etwas grösser als auf dem saureren Hoveboden, und erreicht für die grösste Kalkgabe (450 kg CaO) Tiefen von 7—9 cm. Die pH-Erhöhung ist jedoch hier klein, und eine mehr bedeutende pH-Änderung finden wir nur bis 3 cm. Auf Hove I (siehe Fig. 8 und Tabelle 10) ist die Tiefenwirkung noch kleiner und überschreitet nicht die Grenze 5 cm. Wir finden also hier in diesen sehr humusreichen Bodentypen (Moorboden) dieselbe geringe Tiefenwirkung wie bei der ersten Reihe Versuchsfelder, und 2—3 Jahre nach einer Kalkgabe von 300—450 kg CaO pro Dekar ist die Reaktion in tieferen Schichten als 5 cm nicht oder nur unwesentlich geändert.

Die anderen 4 Versuchsfelder dieser Reihe (Sandnes—Tandstad—Rødal—Tveit) repräsentieren, wie die obige Tabelle zeigt, andere Bodentypen, die ärmer an organischem Stoff und reicher an Asche sind. Das Verhältnis $\frac{G}{A}$ ist hier meist kleiner als 1 und beträgt für einige Proben nur 0.12—0.16—0.18.

Das Versuchsfeld bei Kr. Sandnes (siehe Fig. 9 und Tabelle 11) liegt auf einem Boden, der in den oberen 6 cm als sandhaltiger Torf, darunter als mullhaltiger Sand charakterisiert werden muss. Das Verhältnis $\frac{G}{A}$ ist daher für die obere 2 cm dicke Schicht 1.7, in 5 cm Tiefe 0.65 und in 9 cm Tiefe 0.44. Als Durchschnitt für die oberen 10 cm wurde 0.66 gefunden. Auch hier hat Kunstdünger ohne Kalk (I) die Reaktion nur unbedeutend geändert, und selbst die grösseren Kalkgaben (300—450 kg) sind nur bis 5 cm zu spüren[1]), und eine mehr bedeutende Reaktionsänderung finden wir nur bis 3 cm Tiefe. Das Versuchsfeld bei O. Tandstad (siehe Fig. 10 und Tabelle 12) liegt auf einem Boden, der in der oberen 4 cm dicken Schicht als sandhaltiger Torf, tiefer aber als etwas bis wenig torfhaltiger Sand charakterisiert werden muss. In dieser tieferen Schicht sinkt, wie die Tabelle zeigt, das Verhältnis $\frac{G}{A}$ auf 0.18. Die Wirkung von Kunstdünger (I) ist auch hier gering. Mit dem niedrigen Humusgehalt der tieferen Schichten, von 4 cm Tiefe ab, steigt aber auf diesem Boden die Tiefenwirkung des Kalkes und lässt sich in III und IV bis zu 9 cm Tiefe spüren. Der Kalk wird also hier in weit geringerem Masse in der obersten Schicht zurückgehalten und übt seine neutralisierende Wirkung mehrere Centimeter tiefer als in den humusreicheren Böden.

Das Versuchsfeld bei John Rödal liegt auf einem anderen Boden, und zwar nicht auf sandhaltigem Moorboden wie die vorherigen, sondern auf mullreichem bis mullarmem Sandboden. In den oberen 4 cm tiefen Schichten ist der Mullgehalt etwas höher ($\frac{G}{A} = 0.45$), in tieferen Schichten von 6—10 cm dagegen recht klein ($\frac{G}{A} = 0\,12$). Auch auf diesem Boden mit seinem aktuellen pH = 5.8 in der oberen Schicht hat Kunstdünger keinen reaktionsändernden Einfluss gehabt (pH in I = 5.90). Um so grösser ist die Wirkung der Kalkgaben, und sie ist hier für die grösste Kalkmenge (450 kg CaO) so gross, dass wir selbst in 5 cm Tiefe einen pH = 6.03 finden. (Siehe Fig. 11 und Tabelle 13). Die Tiefenwirkung ist also in diesem mullhaltigen Sandboden eine verhältnismässig gute und weit besser als in torfhaltigen Böden.

Das letzte Versuchsfeld endlich, Tveit in Gulen, liegt auch auf einem mullhaltigen bis mullarmen Sand- und Kiesboden. Auch hier finden wir von 4 cm Tiefe ab sehr mullarmen Sandboden mit $\frac{G}{A} = 0.16$, also recht arm an organischem Substanz. Die ursprüngliche Reak-

[1]) Der abweichend niedrigen Werte in U wegen, muss hier mit I verglichen werden.

tion (siehe Fig. 12 und Tabelle 14) ist hier recht sauer und liegt für die obere Schicht bei einem pH = 4.31. Es scheint, als ob hier schon Kunstdünger die Reaktion bedeutend erhöht hat (pH = 5.10 in I). Zum Teil kann diese pH-Änderung mit dem Kunstdünger (Kalksalpeter und Thomasphosphat) in Zusammenhang stehen. Es ist aber wahrscheinlich, dass der in U für unbehandelten Boden gegebene pH-Schnitt nicht repräsentativ ist, und dass die Parzellen I—IV auf einen Boden gekommen sind, der ursprünglich einen höheren pH als U hatte. Die Kalkwirkung ist hier in allen drei Parzellen (II—III—IV) eine recht starke, und die Tiefenwirkung eine sehr gute. So haben die zwei grössten Kalkgaben selbst in einer Tiefe von 9 cm zu pH-Werten von rund 6 geführt. Es ist offenbar, dass hier der Kalk in der Oberfläche relativ wenig adsorbiert und festgehalten wird und daher schnell eine Tiefenwirkung zeigt. In Zusammenhang hiermit sehen wir auch, dass die Reaktion in II und III schon auf pH = 6.01—6.14 gesunken ist, während die entsprechenden Werte in den anderen mehr humusreichen Versuchsfeldern in II und III noch bedeutend höher als 6 und in Hove I sogar in Parzelle III höher als 7 liegen.

Die pH-Schnitte der Versuchsfelder zeigen also, dass der Kalk in humusreichem Boden schon in der oberen 2—3 cm dicken Schicht adsorbiert und festgehalten wird und daher hier eine sehr geringe Tiefenwirkung hat. Mit abnehmendem Humusgehalt (Glühverlust) nimmt die Adsorption ab und ist endlich in sandreichen Proben so klein, dass es zu einer bedeutenden Tiefenwirkung kommt, die hier bis 9—10 cm zu spüren ist.

Bei den oben besprochenen Versuchsfeldern wurde die Untersuchung auf Kalkwirkung erst 3—8 Jahre nach der Kalkung ausgeführt. Um die Reaktionsverhältnisse unmittelbar nach der Kalkung zu zeigen, werden im folgenden drei Versuchsfelder: Djupedalen III, Djupedalen II und Hove II kurz behandelt.

Das Versuchsfeld Djupedalen III liegt auf sehr ungünstigem, torfähnlichem Heideboden, dessen Wassergehalt 85.56 %, Glühverlust 13.30 und Aschengehalt 1.14 % betrug. Das Verhältnis $\frac{G}{A}$ hatte somit den hohen Wert von 11.6. Der Kalk wurde als Kalksteinmehl am 12. Dezember aufgetragen, und zwar auf Parzellen II mit 75 kg CaO, auf Parzellen IV mit 150 kg CaO und auf Parzellen VI mit 300 kg CaO pro Dekar. Der Kalk wurde nach gründlichem Eggen mit Harken untergebracht und die Reaktion dann nach 4½ Monate, am 29. April, bestimmt. Fig. 13 und Tabelle 15 zeigen in Kurve U, dass wir es hier mit einem sehr sauren Erdboden zu tun haben, dessen pH ungefähr bei 3.4—3.5 liegt. Die Kalkgabe 75 kg hat in der Oberfläche einen pH = 5.12, und die zwei grösseren Kalkgaben 150 und 300 kg haben einen pH = 7.02—7.06 gegeben. Die Tiefenwirkung dieser recht grossen Kalkgaben ist aber eine sehr kleine, und schon in 3 cm Tiefe sind die pH-Werte auf 3.74 und 4.04 gesunken. Bei dem Ausbringen des Kalkes wurde dieser mit einer lockeren, geeggten Bodenschicht von 8—10 cm Dicke innig vermischt. Im Laufe des Winters ist diese Schicht auf nur 2—3 cm zusammengesunken, und die Kalkwirkung ist also nur in dieser Schicht zu spüren. Trotz der reichen Niederschläge in den Wintermonaten ist also der Kalk ohne jede Tiefenwirkung geblieben, und eine Reaktionsänderung ist nur in der Schicht zu spüren, wo der Kalk verteilt wurde.

Ganz ähnliche Verhältnisse finden wir auf dem Versuchsfelde Djupedalen II, das in der Nähe von Djupedalen III liegt. Der Wassergehalt dieses Bodens war 80.1 %, Glühverlust 18.1 %, Aschengehalt 1.81 % und $\frac{G}{A} = 10.0$. Die Kalkung fand nach gründlicher oberflächlichen Bearbeitung im Mai 1930 statt, und zwar auf Parzellen B—4 mit 150 kg CaO und Parzellen B—6 mit 300 kg CaO pro Dekar. Die Reaktion wurde nach 4 Monaten, im September, untersucht. Die Kurve B—1 in Fig. 14 bezieht sich auf unbehandelten nicht gekalkten Boden, und zwar auf derselben Parzelle wie U in Fig. 13. Die erwähnten Kalkgaben haben die Reaktion in den oberflächlichen Schichten nur auf 5.66 und 6.26 gebracht, und die Tiefenwirkung ist eine sehr geringe, indem schon in 3 cm Tiefe die ursprüngliche Reaktion kaum geändert ist. Z. T. hängt dies mit dem sehr trockenen Sommer 1930 zusammen, und Analysen im Juli 1931 zeigten,

dass die Reaktion in der obersten Schicht jetzt auf 6.90 gestiegen war und damit Werte erreicht hatte, die in Übereinstimmung mit den Resultaten auf Djupedalen III sind.

Das Versuchsfeld Hove II liegt auf einem sehr sandhaltigen Torfboden in der Nähe von Versuchsfeld Hove I. Eine Probe, die am 28. April 1931 gesammelt worden war, zeigte einen Wassergehalt von 52.57 %, Glühverlust 19.57 %, Aschengehalt 27.85 % und $\frac{G}{A} = 0.7$. Das Feld wurde geeggt, und die Kalkung am 28. November 1930 ausgeführt. Die Reaktionsbestimmung fand auf Proben statt, die 5 Monate später, am 28. April, gesammelt wurden. In Fig. 15 und Tabelle 15 wird gezeigt, dass die hier verwendeten Kalkgaben, 75 kg CaO in II und 150 kg CaO pro Dekar in V den pH der obersten Schicht auf Werte von 6.45 bez. 6.91 gebracht haben. Eine kleine Tiefenwirkung lässt sich in 3 cm Tiefe, keine aber in 5 cm Tiefe spüren. Auf diesem Versuchsfelde wurden ausserdem auf der Parzelle mit 150 kg CaO grössere Blöcke ausgegraben, und von diesen 2 cm dicke Scheiben ausgeschnitten. Für diese Scheiben wurden die Titrierungskurven bestimmt, und dadurch Titrierungskurven für 2 cm dicke Schichten von der Oberfläche bis 10 cm Tiefe festgelegt. In Fig. 16 sind diese 5 Titrierungskurven aufgezeichnet, und man sieht hier, wie oberflächlich die Kalkwirkung ist. Die obere, 2 cm dicke Schicht ist ganz neutralisiert und hat ein sehr hohes Buffervermögen. Schon die folgende Schicht, von 2—4 cm Tiefe, zeigt mit ihrem aktuellen pH = 4.43 stark saure Eigenschaften und hat auch nur ein kleines Buffervermögen. Die drei tieferen Schichten, die also Boden von 4—10 cm repräsentieren, zeigen in ihren Titrierungskurven keine Kalkwirkung. Trotz dieser geringen Tiefenwirkung hat aber die Kalkung grossen Erfolg gehabt. Nur 2 Monate nach dem Einbringen der Samen waren die gekalkten Parzellen hübsch grün mit einem dichten Grasteppich. Die ungekalkten Parzellen waren fast schwarz, indem die Keimung hier nur ganz unvollständig war.

Alle hier bis jetzt beschriebenen Versuchsfelder sind als Mähde behandelt worden. Versuchsfelder, die geweidet werden, d. h. richtige Dauerweiden, sind aber auch untersucht worden, und hier werden ihrer 3 näher behandelt, und zwar die folgenden: Das Versuchsfeld auf Seljeöya in Selje, das Versuchsfeld auf Loftheim und das Versuchsfeld auf Einen, die beiden letzten in Askvold.

Das Versuchsfeld Seljeöya liegt auf sehr nassem Moor- und Heideboden. Im Juli 1932 hatte der Boden einen Wassergehalt von 77.17 %, Glühverlust 20.83 %, Aschengehalt 2 % und $\frac{G}{A} = 10.4$. Die Kurve U in Fig. 17 zeigt für den unbehandelten Boden eine Reaktion in der Oberfläche mit pH = 4.00. Das Versuchsfeld wurde im Februar 1929 mit 300 kg CaO pro Dekar als Muschelkalk gedüngt und bekam ausserdem grosse Mengen kompostierte Fischabfälle und Meeresalgen. Im September 1930 wurde der pH-Schnitt B in Fig. 17 bestimmt. Die Wirkung des Kalkes ist sehr wenig tiefgehend, indem der pH von 7.11 in der Oberfläche auf 4.48 in 3 cm Tiefe gesunken ist. 2 Jahre später, im August 1932, ist das Bild ein ganz anderes. Die Reaktion in der Oberfläche ist auf pH = 6.03 gesunken, gleichzeitig ist aber die Reaktion in 3 cm Tiefe auf pH = 5.69 und in 5 cm Tiefe auf pH = 5.10 gestiegen. Diese weit bessere Tiefenwirkung hängt sicher mit dem Weiden zusammen und wird zum grössten Teil wohl durch das Treten der Tiere bewirkt.

Das Versuchsfeld Loftheim liegt auf nassem Moorboden. Der Boden hatte im Sommer 1931 einen Wassergehalt von 79.04 %, Glühverlust 19.29 % und Aschengehalt 1.66 %. Das Verhältnis $\frac{G}{A}$ ist also sehr hoch: 11.6. Auch hier ist die Wirkung des Kalkes, wie Fig. 18 und Tabelle 16 zeigen, wenigstens bis 3 cm eine ganz bedeutende, lässt sich aber auch in tieferen Schichten nachweisen. Auch hier hat das Weiden in 2 Jahren eine etwas bessere Tiefenwirkung des Kalkes bewirkt.

Das Versuchsfeld Einen in Askvold gehört zu den ertragreichsten Dauerweiden West-Norwegens. Es liegt zur Hälfte auf Heideboden, zur Hälfte auf Morbooden und wurde schon 1923 angelegt. Der Heideteil wurde auf der einen Hälfte geeggt, auf der anderen Hälfte um-

gegraben, während der Moorboden zur Hälfte geeggt und zur Hälfte mit Pflug bearbeitet wurde. Das ganze Feld wurde mit 250 kg CaO pro Dekar als Kalksteinmehl gekalkt. Die Reaktion wurde nach 8 Jahren, in 1931, untersucht mit dem Resultat, das in Fig. 19 und Tabelle 16 gezeigt wird. Ausserhalb des Versuchsfeldes wurde auf dem Heideboden in der oberen 12 cm Schicht ein Wassergehalt von 82.82 %, ein Glühverlust von 16.36 % und ein Aschengehalt von 0.82 % gefunden. Auf dem Moorboden waren die entsprechenden Werte 84.64 %, 14.98 % und 0.38 %. Es sind also sehr aschenarme Böden, wo der Wert $\frac{G}{A}$ auf 19.9 bez. 39.4 steigt. Die Reaktion des unbehandelten Bodens liegt. wie die Kurven U_1 (Heide) und U_2 (Moorboden) zeigen, auf ungefähr pH = 4.0. Die Kalkwirkung ist eine bedeutende, und wie zu erwarten ist, geht sie tiefer in den umgegrabenen (II) oder gepflügten (IV) Parzellen als in den nur geeggten Parzellen (III und V). Die Kalkung wurde nach beendeter Bearbeitung ausgeführt, und der Kalk also nicht mit dem Umgraben oder Pflügen in die Tiefe gebracht. Der durch diese Bearbeitung bedingte lockere Zustand des Bodens hat aber den Tiefentransport des Kalkes gefördert. Es ist von bedeutendem Interesse, dass man hier mit pH-Werten, die jetzt zwischen 5.5 und 6 (II—III—IV) liegen, noch einen sehr guten Ertrag hat; in den ersten Weidejahren lag wohl auch hier die Reaktion höher und gewiss bei einem pH-Wert grösser als 6.0.

Die zwei letzten Versuchsfelder, die hier besprochen werden sollen, Bergsaasen und Moldestad, sind nach dem auf S. 63 skizzierten Plan angelegt. Die einzelnen Parzellen sind 5 × 10 m und sind in zwei Reihen angeordnet. Das Ziel dieses Versuches war die Bedeutung der Lüftung des Bodens zu untersuchen. Die Heide wurde gebrannt, und das Eggen und Sähen fanden nach folgendem Plane statt:

Parzellen I. Sähen das erste Jahr (1929).
—»— II. » 1930, nach Lüftung in einem Jahre.
—»— III. » 1931, nach Lüftung in 2 Jahren.

Das Feld Bergsaasen wurde 25. April 1929 achtmal mit der Egge behandelt, dann, — auf allen Parzellen — gekalkt und der Kalk durch zweimaliges Eggen untergebracht. Darauf wurden die Parzellen I noch dreimal geeggt und die Saat bestellt. Die Parzellen II dagegen wurden erst im nächsten Frühling (1930) dreimal geeggt und bestellt, und die Parzellen III endlich wurden im Frühling 1930 nur einmal geeggt und dann erst im Frühling 1931 zweimal geeggt und mit Saat bestellt. Das Feld Moldestad wurde in gleicher Weise behandelt, hier aber wurde der Kalk im Frühling 1929 nur durch einmaliges Eggen untergebracht.

Die erste Reaktionsbestimmung fand am 2. Sept. 1930 statt. Wie Fig. 20 und 22 zeigen, ist hier auf Parzellen III, die ausser dem zwei- resp. einmaligen Eggen zum Unterbringen des Kalkes weiter nur einmal geeggt wurden, die Reaktion sauer und wenig geändert. Auf Parzellen II, die erst im Frühling 1930 dreimal geeggt wurden, finden wir eine Erhöhung des pH-Wertes in der Oberfläche; die Tiefenwirkung ist aber fast keine auf Bergsaasen und eine nicht bedeutende auf Moldestad. Die Parzellen I dagegen, wo das gesammte Eggen im Frühling 1929 stattfand, zeigen eine günstige Oberflächenreaktion und eine bedeutende Tiefenwirkung des Kalkes.

Die zweite Reaktionsbestimmung fand im August 1931 statt, und die Resultate sind in Fig. 21 und 23 dargestellt. Die Parzellen III sind nun im Frühling 1931 weiter zweimal geeggt worden, und die Kalkwirkung ist damit eine weit vollständigere geworden und zeigt gute Tiefenwirkung. Es ist also durch diesen Versuch bewiesen, dass die Kalkwirkung auf diesen sauren Heide- und Moorböden von einem gründlichen Einbringen des Kalkes in den Boden abhängig ist. Je mehr nach der Kalkung geeggt wird, je besser wird der Kalk im Boden verteilt, und je schneller ändert sich die saure Reaktion in eine günstige um. Das gründliche Eineggen des Kalkes ist also von der grössten Bedeutung.

Kap. 3. Lösung und Wirkungsweise des Kalksteinmehles.

Die im vorigen Kapitel besprochenen Untersuchungen zeigen, dass der Kalk auf Heide- und Moorböden keine oder nur unbedeutende Tiefenwirkung hat. Der Kalk wurde bei der Anlage der Versuchsfelder auf die Oberfläche ausgestreut und relativ leicht mit der Egge oder dem Harken untergebracht. Die pH-Schnitte zeigen, dass eine neutralisierende Wirkung nur in den obersten Schichten von 2—4 cm Tiefe zu spüren ist, m. a. W. der Kalk wirkt nur dort, wo er angebracht wird, und kommt als Base nicht in die tieferen Schichten.

Die Frage nach der Tiefenwirkung des Kalkes ist früher nur von einzelnen Forschern untersucht worden. Zwar hat man durch Analysen untersucht, wie schnell der Kalk in die tieferen Schichten und den Untergrund sinkt. Diese Tiefenwanderung von Ca, wohl als Neutralsalze, ist aber nicht identisch mit einer Tiefenwanderung der basischen Verbindung, $Ca(OH)_2$ bez. $CaCO_3$. Eine solche Tiefenwanderung der basischen Verbindung wurde von Connor, Walker u. Plice (1927) und Nelson (1928) untersucht. Beide diese Untersuchungen zeigten, dass die Tiefenwirkung des basischen Kalkes eine kleine war. Vor allem hat aber Tacke (1913) darauf aufmerksam gemacht, dass man auf Hochmoorboden keine Tiefenwirkung des Kalkes erwarten darf, und dass darum auf diesem Boden das tiefe Unterbringen und die sorgfältige Verteilung des Kalkes in dem Boden von der grössten Bedeutung ist. Diese geringe Tiefenwirkung des Kalkes wird durch die oben besprochenen Untersuchungen auf Dauerweiden in West-Norwegen vollständig bestätigt, und die Untersuchung von Schichten von nur 2 cm Dicke und das Aufzeichnen der pH-Schnitte zeigen, wie überraschend klein die Tiefenwirkung in stark humushaltigen Böden ist.

Das Kalksteinmehl scheint aber an und für sich in sauren Böden recht löslich zu sein, und die geringe Wirkung hängt ohne Zweifel mit der grossen Ungesättigtkeit dieser Böden und ihrer grossen Adsorptionskraft zusammen.

Um die Löslichkeit des norwegischen Kalksteinmehles »Risneskalk« zu untersuchen, wurde eine Reihe Versuche ausgeführt. Bei diesen Versuchen wurde das Kalksteinmehl zur Neutralisierung in Vergleich mit gesättigtem Kalkwasser ($Ca(OH)_2$) verwendet. Der betreffende Boden wurde mit steigenden Ca-equivalenten Mengen von Kalkwasser und Kalksteinmehl titriert, und die Titrierungskurven verglichen.[1])

Im ersten Versuch, der mit Boden von dem Versuchsfelde Djupedalen III ausgeführt wurde, hatte der Boden einen Wassergehalt von 87.4 %, Glühverlust 12.0 % und Aschengehalt 0.6 %, und das Verhältnis $\frac{G}{A}$ war also 20.0. Der Boden wurde in einer Reihe Portionen abgewogen, deren Gewicht ein Multiplum von 25 cm^3, und z. B. $25 \times 10 = 250$ cm^3 betrug. In diesen Portionen wurde das Kalksteinmehl fein verteilt, und der Boden dann auf Pulvergläser mit je 25 cm^3 gegeben. Hier wurde darauf so viel Wasser zugesetzt, dass der Boden gesättigt war, und die Gläser um einer Ammoniakbildung zu entgehen kühl gestellt. Nach einer Reaktionszeit zwischen Kalksteinmehl und Boden von 2—60 Tagen wurde jedem Glase 50 cm^3 destilliertes, CO_2-freies Wasser zugesetzt, und die Gläser wie gewöhnlich mit diesem Wasser über Nacht oder 22—24 St. stehen lassen, wobei $2^1/_2$ St. geschüttelt und dann der pH bestimmt wurde. Gleichzeitig wurden Gläsern mit Boden ohne Kalksteinmehl steigende Mengen Kalkwasser zugesetzt, und nach einer Reaktionszeit von 24—48 St., wobei 3—8 St. geschüttelt wurde, der pH-bestimmt.

Die Figur 24 und die Tabelle 18 zeigen das Resultat für diesen Boden aus Djupedalen III. Mit Kalkwasser wurde in 3 Serien titriert: Serie A_1 hatte eine Reaktionszeit zwischen Kalkwasser und Boden von 24 St., wobei 3 St. geschüttelt wurde. Bei diesem Rohumusboden ist diese Reaktions- und Schüttelzeit zu klein, und eine Erhöhung der Schüttelzeit mit 1 Stunde

[1]) Das norwegische Kalksteinmehl »Risneskalk« enthält ca. 52—53 % CaO, wovon das meiste als $CaCO_3$, kleine wechselnde Mengen aber als CaO. Es ist fein gemahlen und 85 % der Waare ging schnell durch die Seidegaze Nr. 0 (15 Drähte pro cm). In den unten besprochenen Versuchen wurde nur das gesiebte Mehl (Seidegaze Nr. 0) verwendet.

auf 4 St. senkt die Titrierungskurve auf A_2. Eine Verdoppelung sowohl der Reaktionszeit wie der Schüttelzeit auf 48 St. bez. 8 St. gibt die Titrierungskurve A_3, die der A_2-Kurve nur bis 26.8 cm³ 0.1 n $Ca(OH)_2$ folgt und darauf weiter sinkt. Die grösseren Kalkwassermengen bedürfen also hier eine Reaktionszeit von 48 St. mit Schüttelzeit 8 St., um in Gleichgewicht mit diesem Boden zu kommen. Diese lange Reaktionszeit ist nicht in Übereinstimmung mit den Resultaten Tovborg Jensens, wonach 24 St. mit gelegentlichem Umschütteln genügen. Es ist wahrscheinlich, dass die Angaben von Clark und Collins (1930) mit 90 St., von Maiwald (1928) mit 72 St. oder von Hissink und van der Speek (1926) mit 72 Stunden richtiger sind. Ausschlaggebend ist hier vor allem die Dauer des Schüttelns.

Nun ist es nicht notwendig für praktische Versuche die letzten kleinen Veränderungen abzuwarten, auch braucht man in der Praxis nicht mit derart sehr grossen Kalkmengen zu arbeiten. Es geht aus diesem Versuche hervor, dass selbst bei diesen ungünstigen Rohumusböden die Reaktionszeit von 24 St., wobei 4 St. geschüttelt wird, genügt, um Gleichgewicht mit Kalkwassermengen bis 26.5 cm³ 0.1 n. $Ca(OH)_2$ pro 25 cm³ Boden zu geben. Diese Kalkwassermenge entspricht dann 300 kg CaO pro Dekar und 10 cm Tiefe.

Die B-Kurven in Fig. 24 beziehen sich auf Ca-equivalente Kalksteinmehlmengen. Die Kurve B_1 zeigt, dass eine Reaktions- oder besser Kontaktzeit von 2 Tagen zwischen Kalksteinmehl und Boden nicht genügt. Eine Kontaktzeit von 14 Tagen dagegen ist, wie aus der Kurve B_2 hervorgeht, genug für die Lösung von Kalksteinmehlmengen bis auf dieselbe CaO-Menge von 300 kg pro Dekar und 10 cm Tiefe, die auch in dem Versuche mit Kalkwasser neutralisiert wurde. Grössere Mengen Kalksteinmehl fordern eine längere Kontaktzeit. Die Kurve B_3 zeigt aber, dass wir mit einer Kontaktzeit von 58 Tagen Kalksteinmehlmengen bis zu 375 kg CaO pro Dekar und 10 cm Tiefe gelöst erhalten haben.

Ähnliche Resultate gibt der Boden von dem Versuchsfelde Djupedalen II mit einem Wassergehalt von 86.0 %, Glühverlust 12.7 % und Aschengehalt 1.2 %, wobei $\frac{G}{A} = 10.5$ wird. Der aktuelle pH dieses Bodens war 3.7, und die Titrierung mit Kalkwasser und Kalksteinmehl wurde nach demselben Verfahren wie im vorigen Beispiel ausgeführt. Die Resultate gehen aus Fig. 25 und Tabelle 19 hervor und brauchen wohl keine nähere Besprechung.

Ein dritter Versuch, der mit dem früher erwähnten aschenreichen Torfboden Hove II ausgeführt wurde, ist in Fig. 26 und Tabelle 20 wiedergegeben. Die einzelnen Reaktionszeiten sind in der Figurenerklärung aufgeführt. Hier genügt eine Reaktionszeit von 24 St. mit Schüttelzeit 4 St. um Gleichgewicht zwischen Kalkwasser und Boden zu geben (Kurve A_2), indem die Kurve A_3 mit Reaktionszeit 48 St. und Schüttelzeit 8 St. fast genau dieselben pH-Werte wie Kurve A_2 hat.

Der letzte Versuch wurde mit Boden von dem früher besprochenen Versuchsfelde auf Moldestad ausgeführt. Dieser Boden hatte einen Wassergehalt von 77.6 %, Glühverlust 19.2 % und Asche 3.1 %, wobei $\frac{G}{A}$ also 6.2 wird. Der aktuelle pH des Bodens ist 4.14. Wie es aus der Figur 27 und Tabelle 21 hervorgeht, genügt hier eine Kontaktzeit von 15 Tagen (Kurve B_1) nicht zur Neutralisierung des Kalksteinmehles. Dagegen sind nach 62 Tagen Kalksteinmehlmengen, die 500 kg CaO pro Dekar und 10 cm Tiefe entsprechen, neutralisiert, indem die Kurve B_2 hier vollständig der Kalkwasserkurve A folgt.

Die in diesen Versuchen gefundenen Titrierungskurven für Kalksteinmehl (B_1—B_2—B_3 u. s. w.) erinnern etwas an Fig. 1 bei Percival (1931). Dieser Forscher untersucht die Neutralisierung von Böden mit Kalksteinmehl und findet dabei recht abweichende Titrierungskurven, je nachdem es während des Schüttelns mehr oder weniger geluftet wird. Je mehr gelüftet wird, je höher liegen die Titrierungskurven, und Percival meint, dass das bei der Neutralisierung von $CaCO_3$ gebildete Kohlendioxyd CO_2, die pH-Werte herabsetzt, und dass also die Entfernung dieses Kohlendioxyds bei der Lüftung die Reaktion gegen höhere pH-Werte ändert. Die Versuche sind bei Percival sehr knapp beschrieben. Die Luftung wird aber mittelst

Durchleitung von Luft von unten bewirkt, und es ist daher meiner Meinung nach sehr wahrscheinlich, dass die durch die Luftblasen bewirkte lebhafte Umrührung des Bodengemisches die Reaktionsgeschwindigkeit steigert, und dadurch die höheren pH-Werte verursacht. Ein Entweichen von Kohlendioxyd ist in meinen Versuchen nicht wahrscheinlich, und die Hebung der Titrierungskurven für Kalksteinmehl darf wohl daher nur als ein Zeichen gesteigerter Neutralisierung angesehen werden.

Die recht hohe Löslichkeit des Kalksteinmehles ist in Übereinstimmung mit den Resultaten Tuorilas (1926—28). Dieser Forscher findet, dass $CaCO_3$ und $Ca(OH)_2$ bis einen pH = 6.0 denselben Neutralisierungseffekt haben, und dass man bis an diesen pH-Wert in praktischen Versuchen denselben Erfolg mit Kalksteinmehl wie in Laboratorium mit gelöschtem Kalk hat, wobei also der Kalkfaktor gleich 1 ist. Wird aber eine höhere Reaktion als pH = 6.3 erzielt, fallen im Laboratorium die Titrierungskurven für $CaCO_3$ und $Ca(OH)_2$ nicht mehr zusammen, und auch im praktischen Versuch muss mehr Kalksteinmehl verwendet werden, als die $Ca(OH)_2$-Kurve zeigt. Der Kalkfaktor ist also in diesem Falle grösser als 1. Tuorila macht eine Reihe Versuche, um die Lösung des $CaCO_3$ durch saure Böden zu bestimmen. Das hierbei verwendete $CaCO_3$ (Chem.: Zur Analyse) löst sich in kleinen Mengen, wobei die Reaktion nicht über pH = 4 steigt, in wenigen Minuten. Verwendet man so grosse Mengen, dass die Reaktion auf pH = 5 steigt, braucht die Lösung des Karbonates 1 Stunde; und neutralisiert man bis zu pH = 6.0 braucht man 3 Stunden. Eine Neutralisierung bis zu pH = 6.7 fordert Kalkmengen, die erst nach 3—4 Tagen gelöst werden.

Es kann daher keinem Zweifel unterliegen, dass das Kalziumkarbonat in unseren sauren Heide- und Moorböden recht schnell gelöst wird, und die oben besprochenen Titrierungsversuche, sowie die zahlreichen Versuche praktischer Art, lehren, dass Kalksteinmehl, wenn es genügend feingemahlen ist, ein vorzügliches Kalkprodukt ist, das mit dem gebrannten Kalke oder Muschelkalk vollständig konkurrieren kann und überall dort verwendet werden darf, wo nicht Muschelkalk oder kalkreicher Mergel der Preisbilligkeit wegen vorzuziehen ist.

Die durch das Kalziumkarbonat bedingte Reaktion wird auf S. 82 u. folg. näher diskutiert. Sie kann im Boden den pH Wert 8.4 nicht überschreiten, liegt aber gewöhnlich bedeutend niedriger. In einem Boden, der noch ungelöstes Kalksteinmehl enthält, liegt die Reaktion gewöhnlich bei einem pH-Werte von 6.8—7.0 aufwärts, überschreitet aber in den westnorwegischen humushaltigen Bodentypen nicht den Wert 8.0. Für die Reaktion ausschlaggebend ist bei gekalktem aber humusarmem Boden, wie Bobko und Druschinin (1925) zeigen, der Gehalt an CO_2 und Bikarbonat. Diese Verbindungen bilden in Gegenwart von $CaCO_3$ das Buffersystem, das die Reaktion sehr fest und zwar wohl meist auf pH-Werte zwischen 7.0 —8.0 verankert. Ganz anders dagegen in Böden, die reich an Humus sind. Hier spielen die organischen Verbindungen eine wichtige Rolle und geben ein Buffersystem, dessen pH-Wert selbst mit hohem Gehalt an $CaCO_3$ unter 7.0 sinken kann. In Böden, die keinen Kalk enthalten, sind andere Verbindungen, die das Buffersystem bilden, und eine Berechnung des pH's wird hier nicht möglich.

Kap. 4. Kalkbedarf und Kalkfaktor.

Durch zahlreiche Versuche und Methoden ist versucht worden, die Kalkmenge zu bestimmen, die notwendig ist, um einem gegebenen Boden die richtige Reaktion zu geben. Keine der Methoden sind überall anwendbar, und die meisten sind nicht in Übereinstimmung mit modernen Anschauungen über die adsorbierenden Bodenkomplexe, wie sie z. B. aus den zahlreichen sehr wichtigen Abhandlungen Mattsons (1932) hervorgehen. Dammermann (1932) findet die Methode von Daikuhara für Sandböden und die Methode Kappens für schwerere Bodentypen brauchbar. Beide sind für Moorböden unbrauchbar, und die für diese vorgeschlagene Methode, Tacke-Arnd, ist zu umständlich, um bei Massenuntersuchungen verwendbar zu sein. Die Methode Gehrings ist auch zu umständlich, und dasselbe gilt der Methode Goys.

Auch die Methode Hutchinsons hat ihre Mängel, und Dammermann kommt daher zu dem Resultate, dass nur die elektrometrische Titration nach Tovborg Jensen eine exakte und brauchbare Methode zur Bestimmung des Kalkbedarfs ist. Das Titrationsverfahren nach Tovborg Jensen (1924) ist, wie früher erwähnt, nur eine Modifikation von der von Gaarder und Hagem (1921) in Anwendung gebrachte Titration mit HCl und $Ca(OH)_2$ und Aufzeichnen der Titrierungskurven. Und das Verfahren Gaarder und Hagems wobei sowohl kolorimetrisch wie elektrometrisch gearbeitet wurde, fusst wiederum auf die Vorschläge und Anweisungen Bjerrum und Gjaldbæks (1919), und es ist daher nicht mehr als billig, dass man die gewöhnliche Titration von Böden mit HCl und $Ca(OH)_2$ und Aufzeichnen der Titrierungskurve, nicht wie es Dammermann und andere Forscher tun, mit dem Namen Tovborg Jensens sondern mit dem Namen Bjerrum und Gjaldbæks belegt. Die Modifikation Tovborg Jensens, die selbstverständlich ihren Namen behält, wobei mit CO_2 nachbehandelt wird, kommt nur zur Anwendung, wenn man den Kalkbedarf für höhere pH-Werte (grösser als 7.0) zu bestimmen wünscht. Im allgemeinen hat das keinen Zweck, und besonders für gewöhnliche Kulturpflanzen (einige Leguminosen ausgenommen) genügt gewiss eine Reaktion kleiner als 7.0. Wenn man den Kalkfaktor für eine Reaktion zwischen pH = 6 und 7 bestimmen will, ist es sehr leicht der zeitraubenden CO_2 Behandlung zu entgehen. Es genügt nur die titrierten Bodenproben so gross zu wählen, dass die Reaktion selbst mit der grössten verwendeten Kalkwassermenge nicht über pH = 7 steigen wird. Die einzige Wirkung einer nachherigen Durchlüftung ist dann, mit dem Einstellen der CO_2-Spannung in Gleichgewicht mit Luft, eine kleine Erhöhung des pH-Wertes. Fig. 28 zeigt Tritierungskurven für ungleich grosse Bodenportionen eines und desselben Bodens: A = 50 gr, B = 25 gr, C = 12.5 gr und D = 6.2 gr. Die ganz aufgezogenen Kurven $A_1—B_1—C_1—D_1$ beziehen sich auf gewöhnliche Titrierung in geschlossenen Pulvergläsern, die gestrichelten Kurven $A_2—B_2—C_2—D_2$ auf dieselben Gläser, nachdem sie nach der ersten pH-Bestimmung 48 St. gelüftet und hierbei 8 St. geschüttelt worden sind. Wie man sieht, hat diese Durchlüftung, die übrigens nicht zu Ende geführt ist, nur bei den zwei kleineren Bodenportionen, deren Reaktion bei grösseren Kalkwassermengen auf pH-Werte grösser als 7.5 gebracht waren, eine Bedeutung gehabt. Hier wird in Berührung mit Luft das überschüssige $Ca(OH)_2$ in $CaCO_3$ und dann z. T. weiter in $Ca(HCO_3)_2$ verwandelt, und die Endreaktion wird hier die Reaktion des Buffergemisches CO_2-Bikarbonat sein. Bei den grösseren Bodenportionen A und B haben selbst die grössten Kalkwassermengen die Reaktion nicht über 7.0 gebracht, und das durch Lüftung bewirkte Gleichgewicht mit der Atmosphäre hat hier nur Bedeutung, insofern als der pH-Wert durch Verminderung des CO_2-Gehaltes der Bodenaufschwemmung ein wenig höher wird. Diese kleine Änderung des pH's spürt man in allen 4 Kurven zwischen pH = 5.5 und 7.5, und es werden somit die Resultate Carsten Olsens (1921) bestätigt. Auch dieser Forscher hat eine pH-Erhöhung und zwar maximal gleich 0.6 Einheiten gefunden. Der etwas höhere Wert Carsten Olsens beruht wohl darauf, dass er mit CO_2-freie Luft die Durchlüftung vollzieht. Im Übrigen hängt die Grösse dieser pH-Änderung natürlich auch von dem von Boden zu Boden variierenden CO_2-Gehalt der Bodenaufschwemmung ab.

Wie aus den Kurven hervorgeht, besteht ein regelmässiger Zusammenhang zwischen der Grösse der titrierten Bodenmenge und der Grösse des gefundenen pH Wertes. In Kurve A gibt x cm^3 0.1 n $Ca(OH)_2$ denselben pH-Wert wie $\frac{x}{2}$ cm^3 0.1 n $Ca(OH)_2$ in Kurve B, wo nur die halbe Bodenmenge titriert wird. Dasselbe gilt für Kurve B in Vergleich mit Kurve C u. s. w. Auf S. 88–89 sind als Beispiele die entsprechenden pH-Werte aufgeführt, die in Kurve A bez. B, Kurve B bez. C oder Kurve C bez. D gefunden wurden. Wie aus dieser Tabelle zu ersehen ist, hat fast überall x cm^3 $Ca(OH)_2$ in einer Kurve genau denselben pH-Wert gegeben wie $\frac{x}{2}$ cm^3 in der nächsten Kurve, wo nur die Hälfte der Bodenmenge verwendet wurde. Nur in

Vergleich von B-Kurve mit C und D-Kurve bei niedrigen Kalkwassermengen stimmt dies nicht genau, weil eben hier die durch die grössere Verdünnung bewirkte Erhöhung des aktuellen pH's in C und D mitwirkt. Im ganzen sind aber die pH-Werte direkt mit den verwendeten Bodenmengen proportional, und die Titrierung lässt sich mit grosser Genauigkeit durchführen.

Der von Tovborg Jensen eingeführte Begriff Kalkfaktor ist von dem grössten Interesse. Er wird bei Tovborg Jensen auf ca. 3 bestimmt. Leider sind mit der Bestimmung der Grösse dieses Faktors grosse Schwierigkeiten verknüpft, und es ist wenig wahrscheinlich, dass er für alle Böden und alle Kalkungsintensitäten auf ein und denselben Wert festgelegt werden darf. Besonders die Untersuchungen Tuorilas (1926—28) deuten darauf, dass der Kalkfaktor unter bestimmten Verhältnissen kleiner als 3 ist und sogar auf Werte bis 1—1.5 sinken kann. Ausschlaggebend darf hier vor allem sein, zu welchem pH-Werte man zu kalken wünscht. Bei einer Kalkung bis auf pH = 5.5—6.5 wird der Kalk von dem noch sauren Boden viel stärker adsorbiert, als wenn man die Kalkung auf pH-Werten von 7—8 durchzuführen wünscht. Im ersten Falle ist gewiss der Kalkfaktor kleiner als er im zweiten Falle sein wird. Auch die Tiefenwirkung des Kalkes muss berücksichtigt werden. Es wird von Tovborg Jensen und anderen Forschern allgemein angenommen, dass der gegebene Kalk in der oberen 20 cm dicken Boden-Schicht verteilt wird. Ob das immer der Fall ist, ist mehr als fraglich. Auch das Volumengewicht des Bodens, das häufig auf eine Durchschnittszahl geschätzt wird, muss wohl für jeden Boden und Versuch besonders bestimmt werden. Je genauer dies alles durchgeführt wird, und besonders je kleiner pH-Endwert erzielt wird, je kleiner wird wohl auch der Kalkfaktor sein.

Die Bestimmung des Kalkfaktors hat für die Bodentypen West-Norwegens eine ziemlich grosse ökonomische Bedeutung. In den Figuren 29—30—31 sind Titrierungskurven dargestellt, wie sie für die häufigsten unserer unbebauten Böden charakteristisch sind. Fig. 29 zeigt Titrierungskurven für Moorböden, Fig. 30 für Heideböden und Fig. 31 für bessere Typen unbebauter Böden. Wie besonders aus den zwei ersten Figuren hervorgeht, braucht man zur Neutralisierung der meisten Moor- und Heideböden sehr grosse Mengen CaO, und eine Neutralisierung bis auf pH = 7.0 ist kaum ökonomisch durchführbar. Es darf wohl auch eine durch Kalkung hervorgerufene Reaktion von pH = 7 oder mehr auf diesen Bodentypen häufig schädlich sein. Selbst aber wenn man nur auf einem pH = 6.0 kalken will, braucht man der Titrierungskurve nach so grosse Kalkmengen, dass es von grossem ökonomischen Interesse zu wissen ist, ob man die so gefundenen Kalkmengen wegen eines Kalkfaktors von 2 oder 3 verdoppeln oder auf das dreifache erhöhen muss. So brauchen die meisten Moorböden den Titrierungskurven nach ungefähr 420 kg CaO pro Dekar und 10 cm Tiefe, um eine Reaktion von pH = 6.0 zu erhalten. Mit einem Kalkfaktor von 1.5 braucht man also 630 kg CaO, mit einem Kalkfaktor von 3 muss man 1260 kg CaO verwenden und selbst mit billigen Kalkwaren bedingt dies eine recht grosse Erhöhung der Anlagekosten.

Leider können die in dieser Abhandlung besprochenen Versuchsfelder nicht für eine Bestimmung des Kalkfaktors verwendet werden. Der Kalk ist nicht tief genug und leider auch sehr unregelmässig in dem Boden verteilt worden, und der Versuchsfehler dürfte viel zu gross sein, um ein einigermassen brauchbares Resultat zu erhalten. Neue Versuche müssen daher angestellt werden.

Diskussion.

Das Resultat der hier besprochenen Untersuchungen ist also, dass die Tiefenwirkung des Kalkes in unseren sehr humusreichen Moor- und Heideböden eine sehr kleine ist. Selbst nach mehreren Jahren haben grosse Kalkgaben nur die Reaktion in der obersten wenigen Centimeter dicken Schicht geändert. Im ersten Jahre streckt sich die Kalkwirkung nur auf die obere 2 cm dicke Bodenschicht, wie in Fig. 13 und 14 gezeigt wird, und in den folgenden 5—7 Jahren wird die Kalkwirkung eine etwas tiefere, überschreitet aber nicht eine Tiefe von 5—7 cm (siehe Fig. 1 und 2). Selbst nach Kalkgaben von 450 kg CaO pro Dekar hat die Kalkwirkung nach 2—3

Jahren häufig nur eine Tiefe von 3 cm erreicht, und die Reaktion ist in 5 cm Tiefe beinahe dieselbe wie vor der Kalkung (Fig. 7—8). Der fast vollständige Mangel an Tiefenwirkung des Kalkes ist besonders für humusreiche Heide- und Moorböden charakteristisch. In den mehr gesättigten, mullreichen Bodentypen ist die Tiefenwirkung eine etwas bessere, und die Reaktionsänderungen sind hier in 5 cm Tiefe ganz bedeutend und auch in 7 cm Tiefe noch zu spüren (siehe Fig. 11). Auf Sand- und Kiesboden, wo der Kalk wenig adsorbiert wird, ist sogar bis 9—11 cm Tiefe eine Reaktionsänderung zu konstatieren (Fig. 12); die Kalkwirkung ist aber hier nur eine kurzdauernde, und die pH-Schnitte zeigen nach einigen Jahren fast keine Kalkwirkung (Fig. 6).

Diese langdauernde aber oberflächliche Kalkwirkung in Heide- und Moorböden hängt mit der Adsorption des Kalkes an dem ungesättigten Humus zusammen. Der Kalk wird hier so stark festgehalten, dass er nur mit dem Abbau der Humusverbindungen wieder frei wird. Auf diese grosse Adsorptionskraft des Humus für Kalk hat z. B. Hissink (1926) aufmerksam gemacht. Dieser Verfasser findet, dass die Menge CaO, die in 100 gr Humus gebunden wird, bis zu 5.2 gr steigen kann, während Tonboden nur 1.1 gr in 100 gr Boden bindet. Diese hohe Adsorption des Kalkes macht es notwendig, das Kalksteinmehl möglichst tief mit dem Boden zu vermischen. Wird dies nicht gemacht, bekommt man eine oberflächliche Kalkwirkung, wo die Reaktion nur in den oberen 2 cm geändert ist, und schon in 3—4 cm Tiefe die ursprüngliche saure Reaktion herrscht. Die in günstiger Richtung geänderte Schicht wird dann so dünn sein, dass sie bei trocknem Wetter leicht ganz austrocknet, und damit werden die vielen mikrobiologischen Prozessen wie Nitrifikation, Humusabbau u.s w. abgebrochen. Auch die Wurzeln der höheren Pflanzen (Gräser) gehen nicht tiefer als die Reaktion geändert wird und leiden dadurch auf oberflächlich gekalktem Boden leicht von Wassermangel. Erst das tiefe Einbringen des Kalkes ermöglicht die Wurzeln dieser Pflanzen in die Tiefe zu gehen und sich damit die Wasserversorgung in trockenen Zeiten zu sichern. Ein tiefes Einbringen des Kalkes wird häufig wohl nur durch tiefes Eggen oder Pflügen möglich. Man läuft dadurch die Gefahr, die kapilläre Wasserleitung in vielen Böden abzubrechen. Z. T. wird dieses vermieden, wenn man, was unbedingt richtig ist, die Anlage der Weiden schon im Herbst fertig macht, d. h. das Eggen und das Kalken zu dieser Zeit ausführt. Durch die grossen Niederschläge im Winter und eventuel durch Schneedruck wird dann der lockergeeggte Boden wieder zusammengepackt, und die kapilläre Leitung z. T. wieder hergestellt. Es ist allenfalls ganz unrichtig, wenn man das Eggen und Kalken spät im Frühling ausführt und dann das Sähen kurz nachher vornimmt. In den trockenen Frühlingsmonaten leiden dann die Keimpflanzen leicht an Wassermangel, eben weil die Zuleitung von Wasser von unten in dem lockeren Boden unmöglich wird. Es ist übrigens bei uns dringend notwendig Versuche mit Walzen des Bodens anzustellen. Das Konstruieren einer praktischen und nicht zu leichten Walze, die bei unseren Terrainverhältnissen brauchbar ist, ist sehr erwünscht. Nur durch zeitiges und gründliches Walzen können in trockenen Frühlingsmonaten viele Weiden verbessert oder eventuel von Austrochnen gerettet werden.

Die Abhängigkeit der Futterpflanzen von der Reaktion (pH) des Bodens ist viel diskutiert und auch bestritten worden. Wenn man auf diesem Gebiete die vielen einander widersprechenden Resultate überblickt, ist es verständlich, dass man sich etwas skeptisch einstellt. Ødelien hat (1929) für die gewöhnlichen Weidegräser eine Zusammenstellung der Resultate verschiedener Forscher vorgenommen. Aus dieser Übersicht lässt sich mit Sicherheit nur der Schluss ziehen, dass die Resultate einander so widersprechend sind, dass es kaum möglich ist, etwas bestimmtes über die Abhängigkeit dieser Gewächse von dem pH zu sagen. Neue Versuche sind hier unbedingt notwendig, und zwar wird man wohl mit Gefässversuchen bessere Resultate erzielen als bei Feldversuchen, wo z. B. die intime Verteilung des Kalkes im Boden, nicht immer exakt durchführbar ist. In jedem Falle muss man bei Feldversuchen darauf achten, dass der Kalk zu bestimmter Tiefe verteilt wird und wirksam ist. Und die Bodenproben, die zur Bestimmung der durch Kalkung erhaltenen Reaktion auszugraben sind, müssen nicht tiefer genommen werden, als der Kalk wirklich gewirkt hat. Täuschungen sind sonst leicht möglich.

In einigen Untersuchungen, die von Ødelien (1928) auf den Versuchsfeldern in West-Norwegen ausgeführt wurden, hat man die zur pH-Bestimmung bestimmten Proben bis zu 15 cm Tiefe genommen. Wie früher in dieser Abhandlung gezeigt, reicht aber die Kalkwirkung in diesen Bodentypen nur ausnahmsweise tiefer als 5 cm, ist aber in der oberen 2 cm dicken Schicht sehr stark. Die pH-Bestimmung eines Bodens, der bis 15 cm Tiefe genommen war, gab daher sehr niedrige und von den Oberflächenschichten ganz abweichende Resultate. In der kleinen Tabelle auf S. 97 sind für das Versuchsfeld Nordhassel die Resultate Ødeliens (in oberen 15 cm) mit den meinigen Messungen in der oberen 2 cm dicken Schicht zusammengestellt. Diese letzten geben mit der Kalkung steigende pH-Werte bis auf pH = 6.59 auf Parzelle IX, während die pH-Werte Ødeliens unabhängig von der Kalkung von Parzelle zu Parzelle ungefähr konstant bleiben.

Auf S. 98 sind in einer ähnlichen kleinen Tabelle die Resultate für das Versuchsfeld Skeiseidet aufgeführt. Auch hier steigen die pH-Werte der oberen Schicht mit der Kalkung bis zu pH = 6.27 in Parzelle IX, während die Werte Ødeliens für die oberen 15 cm fast keine Veränderung zeigen. Es ist verständlich, dass Ødelien aus seinen Zahlen den Schluss zieht, dass der pH Wert keine Bedeutung für das Gedeihen der Gräser hat. Richtig ist aber diese Schlussfolgerung nicht, weil eben in den oberen Schichten, wo die Kalkung gewirkt hat, der pH sich mit der Kalkung in günstiger Richtung sehr stark geändert hat. Bis auf weiteres darf man wohl annehmen, dass die günstigste Reaktion für Grasweiden auf Heide- und Moorböden ungefähr bei einem pH = 6.2—6.5 liegt. Weitere Versuche hierüber sind aber dringend notwendig.

Auf die Nitrifikationsbakterien hat, wie Gaarder und Hagem (1921—28) gezeigt haben, die Reaktion einen entscheidenden Einfluss. Durch umfangreiche elektive Kulturen beweisen diese Verfasser, dass im Erdboden verschiedene Arten oder Rassen von Nitrifikationsbakterien vorhanden sein müssen, die recht verschiedene Ansprüche auf die Reaktion (pH) haben. Durch diese Untersuchung veranlasst hat Winogradsky (1933) seine Arbeit mit Nitrifikationsbakterien wieder aufgenommen, und es ist ihm gelungen, vorläufig von den nitritproduzierenden Bakterien, neue Arten und Gattungen zu isolieren, von denen die meisten ihre bestimmten pH-Grenzen haben. Mehrere dieser von Winogradsky isolierten Arten sind, nach den aufgeführten pH-Grenzen zu beurteilen, mit denen in Gaarders und Hagems Kulturen vorhandenen Arten identisch. Als untere Grenze für Nitrifikation in künstlichen Nährlösungen finden Gaarder und Hagem den pH-Wert von 6.0—6.2. Diese Angabe wird durch Winogradsky bestätigt. Die vielen Angaben über Nitrifikation bei pH-Werten von 4—5 oder sogar bei 3—4 müssen daher entweder anderen noch nicht bekannten Bakterien zugeschrieben werden, die bei dieser sauren Reaktion zu nitrifizieren vermögen, oder sie beruhen vielleicht z. T. auf ungenauer Bestimmung des pH-Wertes. Gaarder und Hagem (1921—28) machen darauf aufmerksam, dass die Reaktion im Erdboden rings um kleine Mineralpartikeln wahrscheinlich höher liegt, als wenn man den ganzen Boden in einem nimmt. Und vielleicht verläuft die Nitrifikation in solchen sehr sauren Böden eben in der Nähe dieser Mineralpartikeln, wo die Reaktion auf pH-Werte von 6—7 steigen kann. In jedem Falle ist es ratsam auch mit Rücksicht auf die Nitrifikationsbakterien die Kalkung der Dauerweiden auf einen pH-Wert von mindestens 6.5 zu führen.

Auch für die Entwickelung der Wurzelbakterien der Leguminosen ist eine solche Erhöhung der Reaktion notwendig. Die für unsere Dauerweiden sehr wertvolle Futterpflanze *Trifolium repens* gedeiht nach Virtanen (1929), wenn mit Ammoniumsulfat gedüngt wird, ganz gut schon bei einem pH = 5.5—6.0. Wenn eine N-Düngung nicht gegeben wird, und das Wachstum und die N-Assimilation dieser Pflanze somit von den Wurzelbakterien abhängen, ist es dagegen notwendig, die Reaktion auf einem pH-Werte grösser als 6 zu führen, und wahrscheinlich genügt hier ein pH = 6.5.